



TUGAS AKHIR RC14-1501

**OPTIMASI PENEMPATAN *GROUP TOWER CRANE*
PADA PROYEK PEMBANGUNAN MY TOWER
SURABAYA**

AHMAD PUGUH SEPTIAWAN
NRP 3114 106 021

Dosen Pembimbing:
Cahyono Bintang Nurcahyo, S.T., M.T.

JURUSAN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017



TUGAS AKHIR RC14-1501

**OPTIMASI PENEMPATAN *GROUP TOWER CRANE*
PADA PROYEK PEMBANGUNAN MY TOWER
SURABAYA**

AHMAD PUGUH SEPTIAWAN
NRP 3114 106 021

Dosen Pembimbing:
Cahyono Bintang Nurcahyo, S.T., M.T.,

JURUSAN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017



FINAL PROJECT RC14-1501

**PLACEMENT OPTIMIZATION OF GROUP TOWER
CRANE ON MY TOWER BUILDING PROJECT IN
SURABAYA**

AHMAD PUGUH SEPTIAWAN
NRP 3114 106 021

Counsellor Lecturer:
Cahyono Bintang Nurcahyo, S.T., M.T.

CIVIL ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Civil Engineering and Planning
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2017

**OPTIMASI PENEMPATAN *GROUP TOWER CRANE*
PADA PROYEK PEMBANGUNAN MY TOWER
SURABAYA**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Program Studi S-1 Lintas Jalur Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

AHMAD PUGUH SEPTIAWAN

NRP. 3114 106 021

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir

Cahyono Bintang Nurcahyo, ST., MT



**SURABAYA
JANUARI, 2017**

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

OPTIMASI PENEMPATAN *GROUP TOWER CRANE* PADA PROYEK PEMBANGUNAN MY TOWER SURABAYA

Nama : Ahmad Puguh Septiawan
NRP : 3114106021
Jurusan : Program Lintas Jalur S1 Teknik Sipil FTSP ITS
Dosen Konsultasi : Cahyono Bintang N, ST, MT.
NIP : 198207312008121002

ABSTRAK

Pada konstruksi proyek yang besar, seperti pada proyek My Tower Surabaya, tower crane bekerja lebih ekstra terutama ketika tower crane tunggal tidak bisa melayani keseluruhan pekerjaan pengangkatan dari semua titik persediaan dan titik kebutuhan, maka perlu digunakan lebih dari satu tower crane, atau biasa disebut group tower crane. Dengan adanya lebih dari satu tower crane bukan berarti semua masalah pekerjaan pengangkatan bisa teratasi, karena pada proyek yang memiliki lahan yang kurang luas, semakin banyak tower crane menyebabkan sering terjadinya tabrakan ataupun tumpang tindih antar tower crane. Dari permasalahan tersebut perlu adanya pengoptimalan lokasi untuk group tower crane. Lokasi yang optimal adalah lokasi yang memiliki konflik indek dan keseimbangan beban kerja antar tower crane terkecil. Karena tower crane yang digunakan lebih dari satu maka penempatan tower crane harus sesuai pada titik yang optimal.

Dari perhitungan 3 skenario yang direncanakan pada penelitian ini, maka didapatkan hasil sebagai berikut:

- *Skenario 1*
Titik optimal group tower crane berada pada koordinat TC1 (19 ; 4) dan TC 2 (121 ; 54), nilai konflik indek (NC) sebesar

36, keseimbangan beban kerja antar tower crane (σ) 3,202 jam

- Skenario 2
Titik optimal group tower crane berada pada koordinat TC1 (19 ; 3) dan TC 2 (121 ; 53), nilai konflik indek (NC) sebesar 36, keseimbangan beban kerja antar tower crane (σ) 2,749 jam
- Skenario 3
Titik optimal group Tower Crane berada pada koordinat TC1 (34 ; 4) dan TC 2 (111 ; 54), nilai konflik indek (NC) sebesar 6, keseimbangan beban kerja antar Tower Crane (σ) 2,249 jam

Jadi dari hasil ketiga skenario perhitungan tersebut dapat disimpulkan bahwa skenario 3 adalah yang paling optimal, karena memiliki nilai nilai konflik indek (NC) dan keseimbangan beban kerja antar tower crane (σ) terendah dari skenario lainnya, serta dengan biaya operasional sebesar Rp 1.256.778.497, -.

Kata Kunci: Tower Crane, Konflik Indek, Keseimbangan Beban Kerja, Optimasi Lokasi

PLACEMENT OPTIMIZATION OF GROUP TOWER CRANE ON MY TOWER BUILDING PROJECT IN SURABAYA

Name : Ahmad Puguh Septiawan
NRP : 3114106021
Department : Civil Engineering, Faculty of Civil Engineering and Planning ITS
Counsellor Lecturer : Cahyono Bintang N, ST, MT.
NIP : 198207312008121002

ABSTRACT

In the construction of large projects, such as the My Tower Surabaya project, tower crane working more extra, especially when the single tower crane can not serve the overall lifting work in all supply point and demand point, it's important to use more than one tower crane, or it's called group of tower crane. With the group of tower crane, not mean that all the lifting work problems can be resolved, because the project has less land area, sometimes more tower crane can make many overlapping between tower cranes. These problems need optimization for the location of the tower crane group. The optimal location is a location that has a conflict index and balance the workload between the smallest tower crane. Because the tower crane used more than one, then the placement of the tower crane should correspond to the optimal point.

The calculations of 3 scenarios that planned in this study, then obtained the following result:

- *Scenario 1*
Optimal point of group tower crane is at coordinates TC1 (19 ; 4) and TC 2 (121 ; 54), value of conflict index (NC) is 36, workloads balance between the tower crane (σ) is 3,202 hours

- *Scenario 2*
Optimal point of group tower crane is at coordinates TC1 (19 ; 3) and TC 2 (121 ; 53), value of conflict index (NC) is 36, workloads balance between the tower crane (σ) is 2,749 hours
- *Scenario 3*
Optimal point of group tower crane is at coordinates TC1 (34 ; 4) and TC 2 (111 ; 54), value of conflict index (NC) is 6, workloads balance between the tower crane (σ) 2,249 hours

Thus, the result of three scenarios of these calculations can be concluded that the third scenario is the most optimal, because it has the value of conflict of index (NC) and workloads balance between the tower crane (σ) are the lowest of the other scenarios, and the operational cost is Rp 1,256,778,497 , -.

Keywords: *Tower Crane, Conflict Index, Workload Balance, Location Optimization*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, karena atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Optimasi Penempatan *Group Tower Crane* Pada Proyek Pembangunan My Tower Surabaya”. Tugas akhir ini disusun sebagai persyaratan kelulusan pada Program Lintas Jalur S-1 Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Tersusunnya Tugas Akhir ini juga tidak terlepas dari dukungan dan motivasi berbagai pihak yang banyak membantu dan memberi masukan. Untuk itu ucapan terima kasih ditujukan terutama kepada :

1. Bapak Cahyono Bintang Nurcahyo, ST., MT., selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah banyak memberikan bimbingan, arahan, petunjuk, dan motivasi dalam penyusunan tugas akhir ini.
2. Kedua orang tua dan saudara-saudara tercinta yang selalu memberikan dukungan dan doanya.

Dalam penyusunan tugas akhir ini, masih terdapat banyak kekurangan yang jauh dari sempurna, dikarenakan keterbatasan ilmu pengetahuan dan wawasan serta pengalaman yang masih sedikit. Diharapkan segala kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan tugas akhir ini. Semoga apa yang disajikan dapat memberi manfaat bagi pembaca dan semua pihak khususnya teman-teman dari bidang studi teknik sipil.

Penulis

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
ABSTRAK.....	v
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan.....	4
1.4. Batasan Masalah.....	4
1.5. Manfaat.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Alat Angkat	5
2.2. <i>Tower Crane</i>	5
2.2.1. Bagian – Bagian <i>Tower Crane</i>	6
2.2.2. Jenis – jenis <i>Tower Crane</i>	7
2.2.3. Dasar Pemilihan <i>Tower Crane</i>	9
2.2.4. Faktor Posisi <i>Tower Crane</i>	9
2.3. Menentukan Lokasi Awal <i>Tower Crane</i> Untuk Memperkirakan Kelompok Pekerjaan Setiap <i>Crane</i>	10
2.3.1. Menentukan Kapasitas Angkutan dan <i>Feasible</i> <i>Area</i>	10
2.3.2. Menentukan <i>Feasible Area</i>	11
2.3.3. Mengelompokkan Pekerjaan ke Dalam Kelas Terpisah	12
2.3.4. Menentukan Lokasi Awal <i>Tower Crane</i>	12

2.4.	Menentukan Kelompok Pekerjaan yang Mampu Meringankan Beban Kerja Pada Setiap <i>Tower Crane</i> dan Meminimalkan Konflik yang Terjadi	12
2.4.1.	Matriks Aksesibilitas	12
2.4.2.	Kriteria Penentuan Pekerjaan	13
2.4.3.	Penentuan Pekerjaan	14
2.5.	Menentukan Posisi Optimal Tiap <i>Tower Crane</i>	15
2.5.1.	Model Lokasi <i>Tower Crane</i> Tunggal	15
2.5.2.	Waktu Perjalanan Pengait Untuk Melakukan Pekerjaan	15
2.6.	Optimasi Penempatan Grup <i>Tower Crane</i>	17
2.7.	Perhitungan Biaya Operasional <i>Group Tower Crane</i>	17

BAB III METODOLOGI.....19

3.1.	Identifikasi Masalah	19
3.2.	Data Penelitian.....	19
3.3.	Analisa Teknis	20
3.6.	Penentuan Lokasi Awal <i>Tower Crane</i>	25
3.7.	Penentuan Kelompok Pekerjaan yang Mampu Meringankan Beban Kerja dan Meminimalkan Konflik yang Terjadi Pada <i>Tower Crane</i>	25
3.8.	Optimasi <i>Tower Crane</i> Tunggal Diterapkan Pada Setiap <i>Tower Crane</i>	26
3.10.	Tahapan Iterasi	26

BAB IV ANALISA29

4.1	Tinjauan Pustaka	29
4.1.1	Data Umum Proyek	29
4.1.2	Struktur Organisasi	29
4.1.3	Ruang Lingkup Proyek	29
4.2	Skenario 1	31
4.2.1	Menentukan Titik <i>Supply</i> dan Titik <i>Demand</i>	31
4.2.2	Menentukan Model Lokasi Awal <i>Tower Crane</i>	34
4.2.2.1	Menentukan Kapasitas Angkutan <i>Tower Crane</i>	34
4.2.2.2	Menentukan <i>Feasible Area</i>	37

4.2.2.3	Menentukan Lokasi Awal <i>Tower Crane</i>	44
4.2.3	Menentukan Kelompok Pekerjaan untuk Setiap <i>Tower Crane</i>	45
4.2.3.1	Menetapkan Kelompok Pekerjaan dengan Keseimbangan Beban Kerja dan Konflik Indeks Terkecil ..	47
4.2.3.2	Proses Iterasi.....	55
4.2.3.3	Hasil Iterasi.....	56
4.2.3.4	Perhitungan Biaya Operasional <i>Tower Crane</i>	56
4.3	Skenario 2.....	59
4.3.1	Hasil Iterasi.....	60
4.3.2	Perhitungan Biaya Operasional <i>Tower Crane</i>	60
4.4	Skenario 3.....	61
4.4.1	Hasil Iterasi.....	61
4.4.2	Perhitungan Biaya Operasional <i>Tower Crane</i>	62
4.5	Analisa Hasil Perhitungan	63
BAB V PENUTUP		65
5.1	Kesimpulan.....	65
5.2	Saran.....	66
DAFTAR PUSTAKA		67

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Kondisi Eksisting <i>Tower Crane</i>	2
Gambar 2.1 <i>Tower Crane</i>	6
Gambar 2.2 Bagian-bagian <i>Tower Crane</i>	7
Gambar 2.3 <i>Feasible Area</i>	11
Gambar 2.4 <i>Overlap Feasible Area</i>	11
Gambar 2.5 Contoh Konflik Pekerjaan	14
Gambar 2.6 Waktu Perjalanan Pengait	17
Gambar 3.1 Denah Alternatif 1	23
Gambar 3.2 Denah Alternatif 2	23
Gambar 3.3 Kemungkinan Perpindahan Penempatan <i>Tower Crane</i>	24
Gambar 3.4 Denah Alternatif 3	25
Gambar 3.5 <i>Flowchart</i> Penentuan Nilai NC dan σ pada <i>Group Tower Crane</i>	27
Gambar 3.6 Bagan Alur Penelitian	28
Gambar 4.1 Denah Pembagian Zona Untuk <i>Tower Crane</i>	30
Gambar 4.2 Denah Titik <i>Supply</i> dan Titik <i>Demand</i>	32
Gambar 4.3 Spesifikasi <i>Tower Crane</i> ZOOMLION TC6517B-10/10E	35
Gambar 4.4 Mekanisme ZOOMLION TC6517B-10/10E	36
Gambar 4.5 <i>Feasible Area</i> Pembesian	39
Gambar 4.6 <i>Feasible Area</i> Scaffolding	40
Gambar 4.7 <i>Feasible Area</i> Bekisting	41
Gambar 4.8 <i>Feasible Area</i> Bata Ringan	42
Gambar 4.9 Irisan <i>Feasible Area</i> pada Area Distribusi TC 2	43
Gambar 4.10 Irisan <i>Feasible Area</i> pada Area Distribusi TC 1	43
Gambar 4.11 <i>Feasible Task Area</i> pada Zona 1, 2, dan 3	44
Gambar 4.12 Lokasi Awal TC 1 dan TC 2	45
Gambar 4.13 Aksesibilitas TC 1 dan TC 2	46
Gambar 4.14 Waktu Perjalanan Pengait	49
Gambar 4.15 Pergerakan Pengait pada <i>Task</i> 1	51
Gambar 4.16 Perpotongan <i>Task</i> 215 (TC1) dengan <i>Task</i> 133 (TC2)	52

Gambar 4.17 Flowchart Penentuan Nilai NC dan σ pada <i>Group Tower Crane</i>	53
Gambar 4.18 Titik Sampel dalam <i>Feasible Task Area</i> Skenario 1	55
Gambar 4.19 Titik Optimal TC 1 dan TC 2 pada Skenario 1	56
Gambar 4.20 Tarif Tenaga Listrik PLN	58
Gambar 4.21 Denah Modifikasi Titik <i>Supply</i> pada Skenario 2 ...	59
Gambar 4.22 Titik Optimal TC 1 dan TC 2 pada Skenario 2	60
Gambar 4.23 Denah Modifikasi Titik <i>Supply</i> pada Skenario 3 ...	61
Gambar 4.24 Titik Optimal TC 1 dan TC 2 pada Skenario 3	62

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Contoh Matriks Aksesibilitas	13
Tabel 3.1 Variabel dan Analisa Perhitungan	20
Tabel 4.1 Koordinat Titik <i>Supply</i>	33
Tabel 4.2 Koordinat Titik <i>Demand</i>	33
Tabel 4.3 Waktu <i>Delay</i>	36
Tabel 4.4 Pekerjaan dan Frekuensi Angkatan dari Titik <i>Supply</i> ke Titik <i>Demand</i>	37
Tabel 4.5 Matriks Aksesibilitas TC 1 dan TC 2	47
Tabel 4.6 Rekapitulasi Biaya Operasional <i>Tower Crane</i> pada Skenario 1	59
Tabel 4.7 Rekapitulasi Biaya Operasional <i>Tower Crane</i> pada Skenario 2	61
Tabel 4.8 Rekapitulasi Biaya Operasional <i>Tower Crane</i> pada Skenario 3	63
Tabel 4.9 Rekapitulasi Hasil Perhitungan	63

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

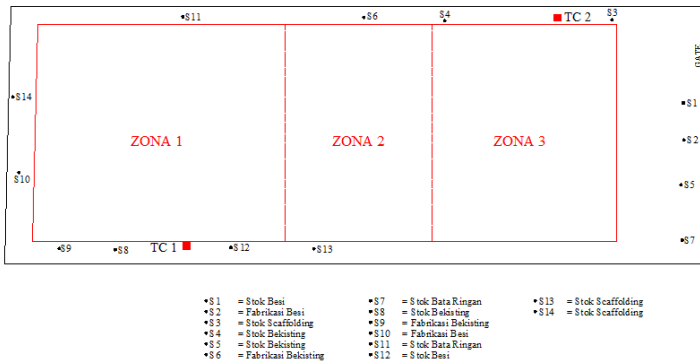
1.1. Latar Belakang

Kebutuhan masyarakat akan hunian mewah yang ditunjang dengan fasilitas modern di Kota Surabaya semakin meningkat. Hal ini ditandai dengan semakin banyaknya pembangunan apartemen dan hotel yang menawarkan berbagai macam fasilitas. Pada pembangunan sebuah gedung bertingkat tinggi, diperlukan perencanaan yang matang agar tercapai hasil yang diharapkan dan juga bisa meminimalisir terjadinya masalah yang mengakibatkan kerugian. Sebuah keputusan yang buruk cenderung memiliki efek negatif yang signifikan, yang akan menyebabkan biaya tambahan dan kemungkinan penundaan (Sebt, et al, 2008). Perencanaan utama yang nantinya digunakan sebagai dasar pelaksanaan konstruksi adalah metode pelaksanaan konstruksi. Di dalam metode ini terdapat urutan-urutan pekerjaan yang berkaitan dengan proses pekerjaan konstruksi, seperti pekerjaan bekisting, pembesian, pengecoran, maupun pekerjaan lainnya. Metode pelaksanaan konstruksi juga mengatur pelaksanaan penggunaan alat berat. Alat-alat berat yang sering dipakai pada pekerjaan konstruksi gedung bertingkat tinggi adalah *tower crane*, *mobile crane*, *excavator*, *dump truck*, dan sebagainya.

Menurut (Rostiyanti, 2008) *Tower Crane* adalah alat yang digunakan untuk mengangkut material secara vertikal dan horizontal ke suatu tempat yang tinggi pada ruang gerak yang terbatas. Pada saat pemilihan *tower crane* sebagai alat pengangkatan yang akan digunakan, ada beberapa pertimbangan yang perlu diperhatikan, yaitu kondisi lapangan yang tidak luas, ketinggian tidak terjangkau oleh alat lain, dan pergerakan alat tidak perlu. Pertimbangan ini harus direncanakan sebelum proyek dimulai karena *tower crane* diletakkan di tempat yang tetap selama proyek berlangsung, *tower crane* harus dapat memenuhi

kebutuhan pemindahan material sesuai dengan daya jangkauan yang ditetapkan.

Pada konstruksi proyek yang besar, seperti pada proyek My Tower Surabaya, *crane* bekerja lebih ekstra terutama ketika *crane* tunggal tidak bisa melayani keseluruhan pekerjaan pengangkatan dari semua titik persediaan dan titik kebutuhan, maka perlu digunakan lebih dari satu *tower crane*, atau biasa disebut *group tower crane*. Dengan adanya lebih dari satu *tower crane* bukan berarti semua masalah pekerjaan pengangkatan bisa teratasi, karena pada proyek yang memiliki lahan yang kurang luas, semakin banyak *tower crane* menyebabkan sering terjadinya tabrakan ataupun tumpang tindih antar *tower crane*. Tabrakan dan tumpang tindih tersebut bahkan dapat terjadi apabila *jib crane* bekerja pada level yang berbeda.



Gambar 1.1 Kondisi Eksisting *Tower Crane*

Gambar di atas menunjukkan kondisi sebenarnya dimana *tower crane* berada. *Tower crane* 1 berada pada koordinat (63:17) dan *tower crane* 2 berada pada koordinat (135:11) dengan radius masing-masing *tower crane* adalah 60 m. Terdapat 15 titik *supply* yang digunakan pada proyek ini, yang terdiri dari 4 titik *supply* besi, 4 titik *supply* bekisting, 4 titik *supply* scaffolding, dan 3 titik *supply* bata ringan. Terlihat pada gambar bahwa hampir seluruh lahan terpakai untuk bangunan dan hanya menyisakan sedikit

lahan untuk penempatan maupun fabrikasi material. Material masuk melalui satu pintu dan di dekat pintu masuk tersebut tersedia lokasi yang cukup luas untuk penempatan maupun fabrikasi material yang berada di radius *tower crane* 2. Sehingga *tower crane* 2 harus mendistribusikan material-material tersebut ke zona 1, 2, dan 3. Proses pendistribusian ini pun memiliki kendala dimana radius yang bisa dijangkau oleh *tower crane* 2 hanya pada zona 3 dan sebagian dari zona 2 saja, sehingga terdapat titik penempatan material sementara dari *tower crane* 2 yang kemudian untuk pendistribusian material ke zona 1 dan sebagian zona 2 dilanjutkan oleh *tower crane* 1. Dengan adanya kondisi ini menyebabkan terjadinya pekerjaan yang *overlap* antara pekerjaan *tower crane* 1 dan *tower crane* 2, hal ini bisa mengakibatkan konflik, sering terjadinya konflik menyebabkan produktivitas kurang optimal.

Berdasarkan latar belakang di atas, penelitian ini akan meneliti lokasi yang optimal untuk *group tower crane*. Lokasi yang optimal adalah lokasi yang memiliki konflik indek dan keseimbangan beban kerja antar *tower crane* terkecil. Karena *tower crane* yang digunakan lebih dari satu, maka harus ditempatkan dengan benar dan tepat pada titik yang optimal, sehingga produktivitas pada proyek My Tower Surabaya bisa optimal. Salah satu cara untuk mengoptimalkan produktivitas *tower crane* tersebut adalah dengan cara melakukan optimasi penempatan *group tower crane*.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada tugas akhir ini adalah:

1. Dimanakah lokasi *group tower crane* yang memiliki nilai konflik indek dan keseimbangan beban kerja antar *tower crane* terkecil pada proyek pembangunan My Tower Surabaya
2. Berapa biaya operasional yang dibutuhkan untuk *group tower crane* pada proyek pembangunan My Tower Surabaya

1.3. Tujuan

Tujuan dari tugas akhir ini adalah:

1. Mengetahui titik lokasi *group tower crane* yang memiliki konflik indek dan keseimbangan beban kerja antar *tower crane* paling kecil.
2. Mengetahui biaya operasional yang dibutuhkan untuk *group tower crane*

1.4. Batasan Masalah

Batasan masalah pada tugas akhir ini adalah:

1. Penelitian dilakukan pada proyek pembangunan My Tower Surabaya, yang berada di Jalan Raya Rungkut Industri No.1 Surabaya
2. Optimasi yang dilakukan adalah optimasi penempatan *group tower crane* dengan memperhatikan konflik indek dan keseimbangan beban kerja antar *tower crane* terkecil
3. Jumlah *tower crane* telah ditentukan, yaitu 2 buah
4. Spesifikasi *tower crane* ditentukan
5. Setiap pekerjaan pengangkutan antara *Supply Point* (S) dan *Demand Point* (D) ditangani oleh satu *Tower Crane*
6. Analisa biaya yang diperhitungkan meliputi biaya sewa alat, bahan bakar, operator, dan alat penunjang *tower crane*.

1.5. Manfaat

Manfaat yang diperoleh dari penulisan laporan Tugas Akhir ini adalah mendapatkan pengetahuan lebih tentang optimasi lokasi *group tower crane* dengan meninjau dari aspek konflik indek dan keseimbangan beban kerja, serta dapat menjadi bahan pertimbangan untuk memilih menentukan lokasi penempatan *tower crane* yang paling optimal untuk proyek pembangunan gedung kedepannya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Alat Angkat

Di dalam dunia pembangunan khususnya bangunan tinggi adanya peralatan angkat sangatlah diperlukan, selain sebagai penunjang kelancaran kegiatan operasional, alat-alat angkat ini juga digunakan agar dapat menghemat waktu pekerjaan. Karena semakin banyak waktu yang terbuang, maka kegiatan operasional juga tidak akan berjalan dengan baik. Salah satu alat angkat yang akan dibahas dalam tugas akhir ini adalah *tower crane*.

2.2. Tower Crane

Menurut (Rostiyanti, 2008), *tower crane* adalah alat yang digunakan untuk mengangkut material secara vertikal dan horizontal ke suatu tempat yang tinggi pada ruang gerak yang terbatas. Cara kerja *crane* adalah dengan mengangkat material yang akan dipindahkan, memindahkan secara horizontal, kemudian menurunkan material di tempat yang diinginkan. Pada prinsipnya, *tower crane* merupakan pesawat pengangkat dan pengangkut yang memiliki mekanisme gerakan yang cukup lengkap, yaitu kemampuan mengangkat muatan (*lifting*), menggeser (*trolleying*), menahannya tetap di atas bila diperlukan dan membawa muatan ke tempat yang diinginkan (*slewing* dan *traveling*). *Tower crane* sangat cocok dipakai untuk pelayanan bangunan tingkat tinggi (*high risk building*) atau untuk pelayanan daerah yang cukup luas.



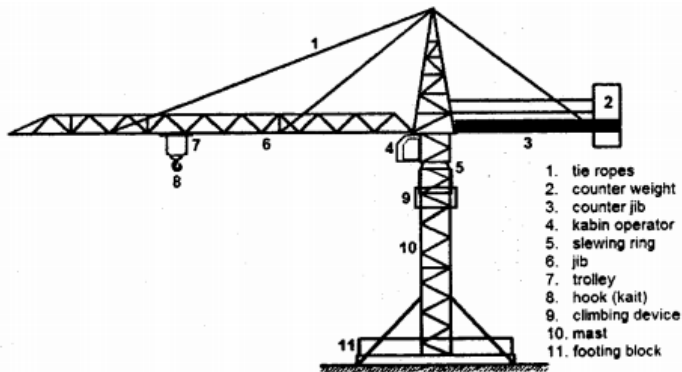
Gambar 2.1 *Tower Crane*
(Sumber: alat-berat07.blogspot.co.id)

2.2.1. Bagian – Bagian *Tower Crane*

Menurut (Rostiyanti, 2008), Bagian dari *tower crane* adalah:

1. *Tie ropes*, adalah kawat yang berfungsi untuk menahan *jib* supaya tetap dalam kondisi lurus 90° terhadap tiang utama
2. *Counter weight*, berfungsi sebagai penyeimbang beban
3. *Counter jib* atau tiang penyeimbang, di bagian ini dipasang *counter weight* sebagai penyeimbang beban
4. Kabin operator, tempat dimana operator mengoperasikan *tower crane*. Terletak pada bagian atas tiang utama
5. *Slewing ring*, berfungsi untuk memutar *jib*. Terletak di bawah kabin operator
6. *Jib*, merupakan tiang horizontal yang panjangnya ditentukan berdasarkan jangkauan yang diinginkan

7. *Trolley*, merupakan alat yang bergerak sepanjang *jib* yang digunakan untuk memindahkan material secara horizontal dan pada *trolley* tersebut dipasang *hook* atau kait
8. *Hook* atau kait, berfungsi untuk mengangkat material dan bergerak secara vertikal
9. *Climbing device*, merupakan alat untuk menambah ketinggian crane
10. *Mast* atau tiang utama, merupakan tiang vertikal yang berdiri di atas *base* atau dasar
11. *Footing block*, berfungsi untuk penempatan tiang utama.



Gambar 2.2 Bagian-bagian *Tower Crane*
(Sumber: Rostiyanti, 2008)

2.2.2. Jenis – jenis *Tower Crane*

Menurut (Rostiyanti, 2008), tipe *tower crane* dibagi berdasarkan cara crane tersebut berdiri. Pemilihan jenis *tower crane* harus mempertimbangkan beberapa aspek seperti situasi proyek, bentuk struktur bangunan, kemudahan saat pemasangan dan pembongkaran serta ketinggian bangunan. *Tower crane* statis terdiri dari beberapa macam tipe yaitu *free standing crane*, *tide-in tower crane* dan *climbing crane*.

1. *Free Standing Crane*

Free standing crane berdiri di atas pondasi yang khusus dipersiapkan untuk alat tersebut. Jika *crane* harus mencapai ketinggian yang besar maka digunakan pondasi dalam seperti tiang pancang. Syarat dari pondasi *crane* adalah pondasi tersebut harus mampu menahan momen akibat angin dan ayunan beban, berat *crane*, dan berat material yang diangkat. *Free standing crane* dapat berdiri sampai dengan ketinggian 100m. Tiang utama (*mast*) diletakkan di atas dasar (*footing block*) dengan diberi *ballast* sebagai penyeimbang (*counterweight*). *Ballast* ini terbuat dari beton atau baja.

2. *Rail Mounted Crane*

Penggunaan rel pada *rail mounted crane* mempermudah alat untuk bergerak sepanjang rel khusus. Desain pemasangan rel harus memperhatikan ada dan tidaknya tikungan karena tikungan akan mempersulit gerakan *crane*. Agar tetap seimbang gerakan *crane* tidak dapat terlalu cepat. Kelemahan dari *crane* tipe ini adalah harga rel yang cukup mahal. Rel harus diletakkan pada permukaan datar sehingga tiang tidak menjadi miring. Namun keuntungan adanya rel adalah jangkauan *crane* menjadi lebih besar.

Turntable dari *rail mounted crane* terletak di bagian bawah. *Crane* jenis ini digerakkan dengan menggunakan motor penggerak. Jika kemiringan tiang melebihi $1/200$ maka motor penggerak tidak mampu menggerakkan *crane*. Ketinggian maksimum *rail mounted crane* adalah 20 meter dengan berat beban yang diangkat tidak melebihi 4 ton. Batasan ini perlu diperhatikan untuk menghindari jungkir mengingat seluruh badan *crane* bergerak pada saat pengangkatan material.

3. *Tied In Crane*

Crane mampu berdiri bebas pada ketinggian kurang dari 100 m. Jika diperlukan *crane* dengan ketinggian lebih dari 100 m maka *crane* harus ditambatkan atau dijangkar pada struktur bangunan. *Crane* yang ditambatkan pada struktur bangunan dikenal sebagai *tied in crane*. Fungsi dari penjangkaran adalah

untuk menahan gaya horizontal. Dengan demikian *crane* tipe ini dapat mencapai ketinggian sampai 200 m.

4. *Climbing Crane*

Dengan lahan yang terbatas maka alternatif penggunaan *crane* adalah *crane* panjat atau *climbing crane*. *Crane* tipe ini diletakkan dalam struktur bangunan, yaitu pada *core* atau inti bangunan. *Crane* bergerak naik bersamaan dengan struktur naik. Pengangkatan *crane* dimungkinkan dengan adanya dongkrak hidrolis atau *hydraulic jacks*.

2.2.3. Dasar Pemilihan Tower Crane

Menurut (Djoko Wilopo, 2009), dasar pemilihan *tower crane* adalah sebagai berikut:

1. Ketinggian *Tower Crane*
Ketinggian *tower crane* disesuaikan dengan tinggi bangunan yang akan dilayani. HUH (*high under hook*) ditentukan tinggi maksimum bangunan ditambah 4-6 meter guna *spelling* pada waktu mengangkat beban.
2. Lengan Kerja atau Radius Bekerja (*Jib Length*)
Lengan kerja (*jib length*) ditentukan jarak maksimum beban yang akan diangkat nantinya dari as *tower crane*.
3. Kapasitas *Crane*
Beban maksimum yang akan diangkat pada jarak titik tertentu.
4. *Static* atau *Traveling*
Hal ini tergantung dari rencana pemakai *tower crane*, jika yang dilayani tidak terlalu tinggi dan *tower crane* masih dalam batas *free standing*, *tower crane* masih aman dijalankan. Hal ini cocok apabila *tower crane* dipakai untuk melayani bangunan yang relatif memanjang.

2.2.4. Faktor Posisi *Tower Crane*

Menurut (Rostiyanti, 2008), faktor-faktor yang mempengaruhi posisi *tower crane* adalah:

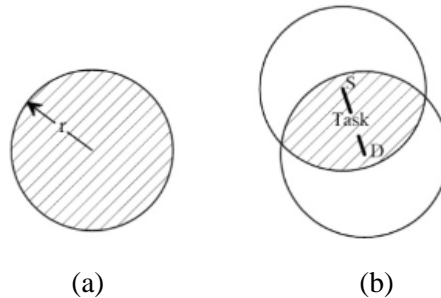
1. **Keamanan**
Untuk kepentingan keamanan dan efisiensi maka posisi *tower crane* diletakkan sejauh mungkin dari *tower crane* yang lain.
2. **Kapasitan Crane**
Kapasitas angkat *crane* ditentukan dari kurva radius beban dimana semakin besar beban maka semakin kecil radius operasinya.
3. **Ruang Kerja**
Semakin kecil ruang kerja maka meningkatkan kemungkinan terjadinya hambatan dan tabrakan.
4. **Lokasi Supply dan Demand**
Lokasi penyediaan (*supply*) material dan lokasi yang membutuhkan (*demand*) harus yang ditentukan terlebih dahulu
5. **Feasible Area**
Feasible area merupakan area yang paling memungkinkan untuk menempatkan *tower crane*.

2.3. Menentukan Lokasi Awal Tower Crane Untuk Memperkirakan Kelompok Pekerjaan Setiap Crane

2.3.1. Menentukan Kapasitas Angkutan dan Feasible Area

Kapasitas angkatan *crane* ditentukan dari kurva radius beban, dimana beban lebih besar maka radiusnya lebih pendek. Diasumsikan beban dari titik penyediaan (S) adalah w dan radius adalah r . oleh karena itu *crane* tidak bisa mengangkat beban kecuali berada dalam lingkaran dengan radius r (gambar 2.3(a)). Untuk mengantar beban dari titik penyediaan (S) ke titik kebutuhan (D), *crane* harus diposisikan dalam area berbentuk elips yang merupakan perpotongan dari dua lingkaran, seperti (gambar 2.3(b)). Area ini disebut *feasible task area*. Luas area tergantung jarak antara S dan D, berat dari beban, dan kapasitas

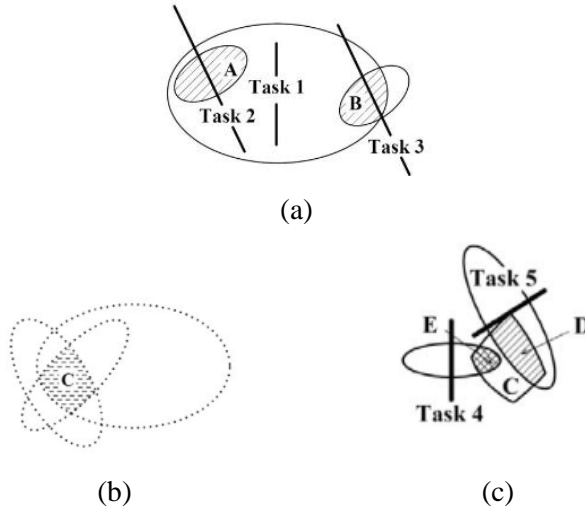
crane. Semakin besar *feasible area* maka semakin mudah dalam menangani pekerjaan. (Sebt, et al. 2008).



(a) (b)
Gambar 2.3 *Feasible Area*
(Sumber: Sebt, et al 2008)

2.3.2. Menentukan *Feasible Area*

Tiga hubungan geometris muncul untuk menentukan *feasible area* yang berdekatan.



(b) (c)
Gambar 2.4 *Overlap Feasible Area*
(Sumber: Sebt, et al, 2008)

Seperti yang terlihat pada gambar 2.4(a), dengan menempatkan di area A, *tower crane* bisa menangani pekerjaan 1 dan 2, demikian juga pada area B bisa menangani pekerjaan 1 dan 3. Disamping itu kasus (a) menunjukkan bahwa pekerjaan 2 dan 3 sangat berjauhan sehingga *tower crane* tunggal tidak bisa menangani keduanya tanpa memindahkannya, jadi dibutuhkan lebih dari satu *tower crane* atau *tower crane* dengan kapasitas pengangkatan yang lebih besar. Pada gambar 2.4(b), area C merupakan *feasible area* dari 3 pekerjaan. Kemudian pada gambar 2.4(c), apabila terdapat dua pilihan setelah area C di *overlap* dua pekerjaan, maka yang dipilih adalah *feasible area* yang terbesar, yaitu area D. Dan untuk pekerjaan 4 masuk area lainnya atau dilayani *tower crane* lain. (sebt, et al, 2008).

2.3.3. Mengelompokkan Pekerjaan ke Dalam Kelas Terpisah

Jika tidak ada *overlap* yang terjadi antara *feasible area* maka dua buah *tower crane* dibutuhkan untuk melayani setiap pekerjaan secara terpisah, tetapi jika tetap menggunakan satu buah *tower crane*, maka dibutuhkan alternatif lain, misalnya menggunakan *tower crane* dengan kapasitas angkat yang lebih besar.

2.3.4. Menentukan Lokasi Awal Tower Crane

Ketika kelompok pekerjaan telah dibuat, *area overlap* bisa digambarkan. Setelah itu kita bisa langsung menetapkan lokasi awal di pusat geometris *feasible area* atau di manapun di dalam *feasible area*.

2.4. Menentukan Kelompok Pekerjaan yang Mampu Meringankan Beban Kerja Pada Setiap Tower Crane dan Meminimalkan Konflik yang Terjadi

2.4.1. Matriks Aksesibilitas

Pada tahap ini, diasumsikan bahwa semua *tower crane* diletakkan pada lokasi awal. Matriks aksesibilitas digunakan

untuk mengetahui kemampuan *tower crane* untuk mengakses tiap pekerjaan, dimana δ_{ij} merupakan variabel binary sebagai berikut:

$\delta_{ij} = 1$ jika *tower crane* i bisa menangani pekerjaan j

$\delta_{ij} = 0$ jika *tower crane* i tidak bisa menangani pekerjaan j

Penentuan kelompok pekerjaan ini diperlukan agar pekerjaan bisa dijangkau oleh satu *tower crane*. Jadi apabila satu pekerjaan bisa dijangkau oleh dua *tower crane* maka kita harus menentukan *tower crane* mana yang akan menangani pekerjaan tersebut. (Tam dan Leung, 2008)

Tabel 2.1 Contoh Matriks Aksesibilitas

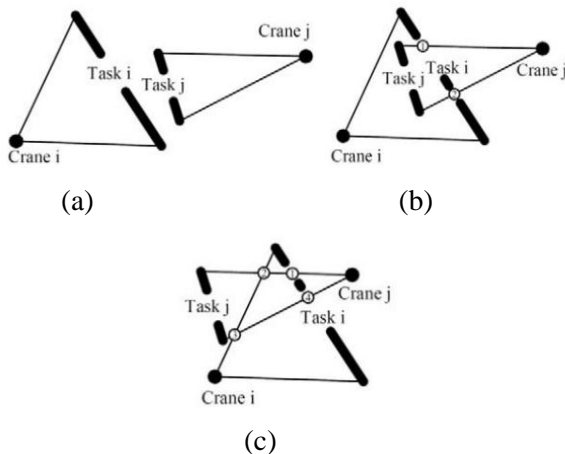
Crane (1)	Pekerjaan					
	Pekerjaan n_1 (2)	Pekerjaan n_2 (3) (4)	Pekerjaan n_j (5) (6)	Pekerjaan n_j (7)
Crane ₁	δ_{11}	δ_{21}				
Crane ₂	δ_{12}	δ_{22}				
.....						
Crane _i				δ_{ij}		δ_{iJ}
.....						
Crane _I				δ_{Ij}		δ_{IJ}

2.4.2. Kriteria Penentuan Pekerjaan

Ada dua kriteria yang diterapkan untuk mengukur efektifitas penentuan pekerjaan, antara lain keseimbangan beban kerja pada masing-masing waktu pengangkutan untuk setiap *tower crane* dan kemungkinan konflik terendah. Kondisi

keseimbangan beban kerja dapat diukur standart deviasi T_i , T_i merupakan waktu pengangkutan pengait *tower crane* ke- i .

Untuk mengukur kemungkinan konflik, diperkenalkan parameter NC atau *conflict index*. Setiap δ_{ij} dicocokkan pada segitiga dengan titik *supply*, titik *demand* dan lokasi *tower crane* sebagai ujung-ujungnya (gambar 2.5). Jika dua segitiga letaknya berjauhan maka tidak akan terjadi konflik (gambar 2.5(a)). Jumlah perpotongan antara dua segitiga menggambarkan tingkat keruwetan konflik, semakin berpotongan maka semakin mungkin terjadi konflik. Maka dari (gambar 2.5(b)) konflik lebih memungkinkan terjadi daripada (gambar 2.5(c)). Sebagai tambahan, semakin intensif arus material juga berpengaruh terhadap kemungkinan konflik. (Sebt, et al, 2008)



Gambar 2.5 Contoh Konflik Pekerjaan
(Sumber: Sebt, et al 2008)

2.4.3. Penentuan Pekerjaan

Dengan menggabungkan dua kriteria di atas, penentuan pekerjaan bisa disajikan sebagai berikut,

$$NC \begin{bmatrix} NC(x, y, \delta_{11}, \delta_{12}, \dots, \delta_{21}, \delta_{22}, \dots, \delta_{ij}, \dots, \delta_{IJ}) \\ \delta(x, y, \delta_{11}, \delta_{12}, \dots, \delta_{21}, \delta_{22}, \dots, \delta_{ij}, \dots, \delta_{IJ}) \end{bmatrix}$$

Dimana variabel δ_{ij} adalah $j \in J = \left\{ j : \sum_i \delta_{ij} \right\} > 1$ dan (x, y)

merupakan model generasi lokasi awal *tower crane*. Model ini merupakan abnormal 0-1 program integer dan tidak mungkin diselesaikan dengan algoritma konvensional. Tidak ada hasil optimal yang keluar dari NC dan σ . Namun solusi yang memuaskan bisa dihasilkan dengan cara *trade off* antara dua kriteria untuk setiap solusi. Set δ_{ij} secara random lalu mencocokkan NC dan σ yang telah dihitung. (Tam dan Leung, 2008).

2.5. Menentukan Posisi Optimal Tiap *Tower Crane*

Penentuan posisi optimal ini dengan Mengaplikasikan Model Optimasi Tower Crane Tunggal Pada Setiap Tower Crane.

2.5.1. Model Lokasi *Tower Crane* Tunggal

Setiap pekerjaan dikelompokkan secara khusus, bersama dengan beban kerja yang seimbang dan kemungkinan terjadi gangguan yang minimal. Setelah kelompok pekerjaan terbentuk, lokasi awal yang menjadi acuan untuk perhitungan penentuan kelompok pekerjaan diabaikan. Dan pada tahap ini dicari lokasi yang paling optimal diantara titik *feasible area*.

Titik yang paling optimal adalah titik yang memiliki konflik indeks dan keseimbangan beban kerja antar *tower crane* yang paling kecil.

2.5.2. Waktu Perjalanan Pengait Untuk Melakukan Pekerjaan

$$T = \max(T_h, T_v) + \beta \min(T_h, T_v)$$

$$T_v = (ZD_j - ZS_j) / V_v$$

$$T_h = \max(T_a, T_\omega) + \alpha \min(T_a, T_\omega)$$

$$\rho(D_j) = \sqrt{(XD_j - x)^2 + (YD_j - y)^2}$$

$$\rho(S_j) = \sqrt{(XS_j - x)^2 + (YS_j - y)^2}$$

$$l_j = \sqrt{(XD_j - XS_j)^2 + (YD_j - YS_j)^2}$$

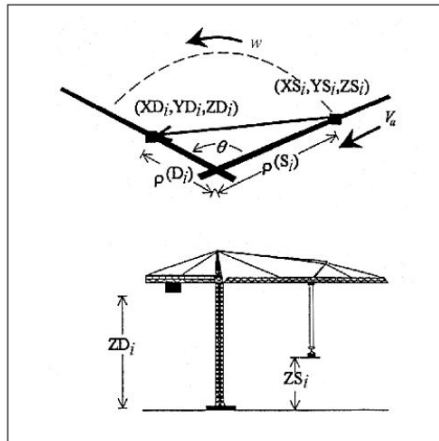
Waktu pergerakan radial *trolley*

$$T_a = \left| \frac{\rho(D_j) - \rho(S_j)}{V_a} \right|; T_\omega = \frac{1}{\omega} \cdot \text{Arc cos} \left(\frac{l_j^2 - \rho(D_j)^2 - \rho(S_j)^2}{2 \cdot \rho(D_j) \cdot \rho(S_j)} \right)$$

$$; (0 \leq \text{arc cos } (\theta) \leq \pi)$$

Dimana:

T_h	= waktu perjalanan horizontal pengait
T_v	= waktu perjalanan vertikal pengait
T_a	= waktu pergerakan radial <i>trolley</i>
T_ω	= waktu pergerakan tangensial <i>trolley</i>
α	= derajat koordinasi pergerakan pengait dalam arah radial dan tangensial pada bidang horizontal (antara 0 sd 1)
β	= derajat koordinasi pergerakan pengait dalam arah radial dan tangensial pada bidang vertikal dan horizontal (antara 0 sd 1)



Gambar 2.6 Waktu Perjalanan Pengait
(Sumber: Tam dan Leung, 2008)

2.6. Optimasi Penempatan Grup *Tower Crane*

Optimasi penempatan grup *tower crane* bisa dilakukan dengan menggabungkan dua sub model di atas yaitu dengan mencari NC dan σ yang paling kecil dari setiap titik dalam *feasible area*.

2.7. Perhitungan Biaya Operasional *Group Tower Crane*

Perhitungan biaya operasional *tower crane* dilakukan setelah didapatkannya lokasi penempatan *tower crane* yang optimal . Kemudian dilakukan analisa perhitungan biaya dengan mengalikan waktu total pekerjaan dan harga sewa maupun upah per jam. Biaya operasional *tower crane* meliputi biaya sewa alat, bahan bakar, operator, dan alat penunjang *tower crane*.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III METODOLOGI

Dalam perencanaan suatu pekerjaan diperlukan tahapan-tahapan atau metodologi yang jelas untuk menentukan hasil yang ingin dicapai sesuai dengan tujuan. Data-data yang diperoleh kemudian diolah dan selanjutnya dilakukan analisa untuk menyelesaikan masalah-masalah yang ada.

Uraian metodologi yang digunakan dalam studi ini adalah sebagai berikut:

3.1. Identifikasi Masalah

Berdasarkan penjelasan latar belakang pada bab sebelumnya, permasalahan yang terjadi adalah dengan adanya lebih dari satu *tower crane* pada suatu proyek pembangunan, maka dapat mengakibatkan adanya *overlap* atau tumpang tindih, hal ini bisa berpengaruh pada produktivitas pekerjaan. Sehingga diperlukan lokasi yang optimal untuk penempatan *group tower crane*. Lokasi yang optimal adalah lokasi yang memiliki konflik indek dan keseimbangan beban kerja antar *tower crane* terkecil.

3.2. Data Penelitian

Penelitian ini mengacu pada proyek pembangunan My Tower Surabaya yang dikerjakan oleh kontraktor PT Surya Bangun Persada Indah. Data-data yang berkaitan dengan permasalahan pada penelitian ini antara lain:

- Pengamatan di lapangan
- Wawancara dengan pihak kontraktor
- Gambar layout dan struktur proyek
- Volume pekerjaan
- Spesifikasi *tower crane* yang digunakan pada proyek

3.3. Analisa Teknis

Dalam analisa *group tower crane*, hasil penempatan *supply point* dari *single tower crane* digunakan untuk memulai proses analisa. Dimana antara *supply point* dan *demand point* membentuk suatu *task* yang selanjutnya akan dianalisa kedekatannya, sehingga membentuk suatu *group task*. Kedekatan suatu *task* diukur dari *overlapping area*. Semakin besar *overlapping area* maka semakin dekat antar *task*. Apabila diantara *task* yang satu dengan yang lain terlalu jauh maka ditempatkan pada *tower crane* yang berbeda. Berdasarkan pada *group task* yang terkumpul maka akan terbentuk *feasible area* yang digunakan untuk penempatan *tower crane* pada *group task* yang ditinjau, kemudian dilanjutkan dengan analisa letak *group tower crane* yang dapat memberikan hasil optimal.

3.4. Variabel Penelitian

Berdasarkan tujuan dari penelitian ini, yaitu mengetahui lokasi *group tower crane* yang memiliki konflik indek dan keseimbangan beban kerja antar *tower crane* paling kecil, maka ditentukan beberapa variabel dan analisa perhitungan dalam mengolah data penelitian. Variabel dan analisa perhitungan tersebut dapat dilihat pada tabel 3.1 berikut,

Tabel 3.1 Variabel dan Analisa Perhitungan

No	Variabel	Analisa Perhitungan
1	Waktu pengangkutan pengait <i>crane</i> ke-i	$T_i = \sum_{j=1}^J \delta_{ij} \cdot Q_j \cdot (t1_{ij} + t2_{ij} + t3_{ij} + t4_{ij})$ <p>Dimana:</p> <p>T_i = waktu pengangkutan pengait <i>crane</i> ke-i</p> <p>δ_{ij} = variabel binary</p> <p>Q_j = jumlah angkatan untuk pekerjaan j</p>

		t_{1ij} = waktu perjalanan pengait dengan beban t_{2ij} = waktu perjalanan pengait tanpa beban t_{3ij} = waktu jeda rata-rata pengangkatan t_{4ij} = waktu jeda rata-rata pembongkaran
2	Waktu rata-rata pengangkatan dari semua <i>crane</i>	$\bar{T} = 1/I \cdot \sum_i T_i$ Dimana: \bar{T} = waktu rata-rata pengangkutan dari semua <i>crane</i> T_i = waktu pengangkutan pengait <i>crane</i> ke-i
3	Keseimbangan beban kerja pada masing-masing waktu pengangkutan untuk setiap <i>crane</i>	$\sigma = \sqrt{\sum_i \frac{(\bar{T} - T_i)^2}{1}}$ Dimana: σ = kriteria penentuan pekerjaan \bar{T} = waktu rata-rata pengangkutan dari semua <i>crane</i> T_i = waktu pengangkutan pengait <i>crane</i> ke-i
4	Konflik antar <i>tower crane</i>	$NC_{ik} = \sum_{l=1}^L \sum_{j=1}^J n_{ij,kl} (Q_{ij} + Q_{kl})$ Dimana: $n_{ij,kl}$ = jumlah perpotongan antar segitiga Q_{ij} = jumlah angkatan pekerjaan j

		Q_{kl}	= jumlah angkatan pekerjaan 1
--	--	----------	----------------------------------

(Sumber: Tam dan Leung, 2008)

3.5. Skenario Permodelan

Tugas akhir ini bertujuan untuk memperoleh lokasi *group tower crane* yang optimal pada proyek My Tower Surabaya dengan cara meminimalkan konflik indek dan keseimbangan beban kerja antar *tower crane* terkecil.

Ada 3 skenario yang dilakukan untuk memperoleh titik optimal. Masing-masing skenario memiliki perbedaan seperti di bawah ini:

- Skenario 1

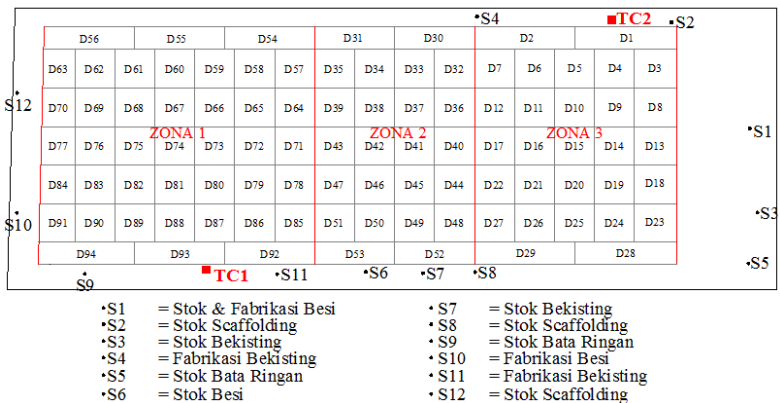
Dalam skenario ini direncanakan titik optimal *tower crane* sesuai dengan data denah titik *supply* pada perencanaan awal kontraktor. Pada kondisi eksisting pekerjaan dimulai dari zona 1 sampai pekerjaan di zona 1 selesai, sedangkan zona 2 dan 3 pekerjaan masih belum dilaksanakan. Namun pada perencanaan awal dari pihak kontraktor pekerjaan dilakukan secara bersamaan yaitu dari zona 1,2, dan 3, sehingga setelah dilakukan wawancara lapangan, maka dengan perencanaan pekerjaan yang dilaksanakan secara bersamaan didapatkan lokasi untuk penempatan kedua *tower crane*. Untuk *tower crane* 1 berada pada koordinat (40:4) dan *tower crane* 2 berada pada koordinat (121:54) dengan radius masing-masing *tower crane* adalah 60 m.



Gambar 3.1 Denah Alternatif 1

- Skenario 2

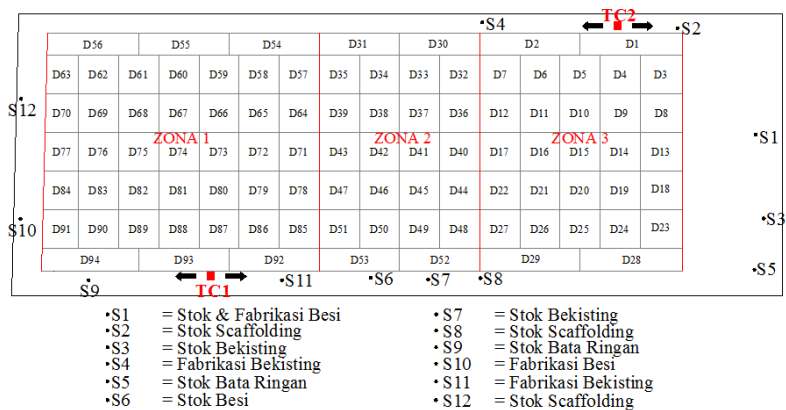
Dalam skenario ini dicari titik optimal *tower crane* pada kondisi titik *supply* yang telah dimodifikasi lokasi penempatan dan jumlahnya, sedangkan untuk koordinat dan radius *tower crane* yang digunakan sama seperti data pada skenario 1 yaitu untuk *tower crane* 1 berada pada koordinat (40:4) dan *tower crane* 2 berada pada koordinat (121:54) dengan radius masing-masing *tower crane* adalah 60 m.



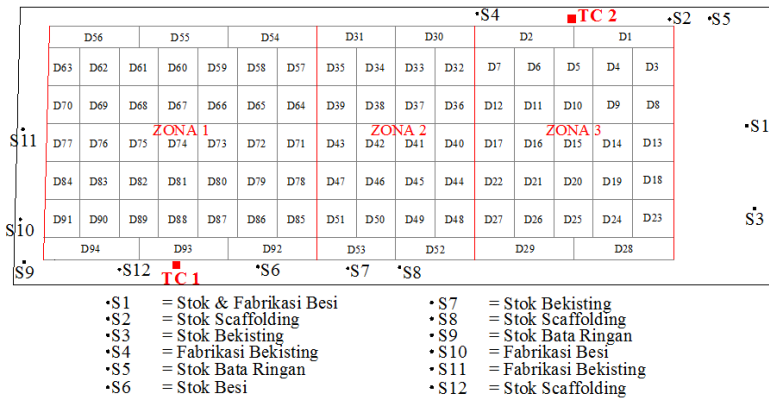
Gambar 3.2 Denah Alternatif 2

- Skenario 3

Dalam skenario ini dicari titik optimal *tower crane* pada kondisi titik *supply* dan *tower crane* yang telah dimodifikasi penempatannya serta radius diperkecil dari skenario 1. Modifikasi penempatan *tower crane* ini dilakukan karena dengan diperkecilnya radius *tower crane*, menyebabkan *jib* tidak bisa menjangkau beberapa titik *supply* dan titik *demand*, sehingga perlu adanya modifikasi penempatan posisi *tower crane*. Kemungkinan perpindahan penempatan lokasi *tower crane* adalah ke kanan dan ke kiri, seperti pada (gambar 3.3). Kemudian ditentukan lokasi *tower crane* pada skenario 3 ini yaitu untuk *tower crane* 1 berada pada koordinat (33:4) sedangkan untuk *tower crane* 2 berada pada koordinat yang sama seperti data eksisting yaitu (113:54) dengan radius pada *tower crane* 1 adalah 50 m dan pada *tower crane* 2 adalah 55 m.



Gambar 3.3 Kemungkinan Perpindahan Penempatan *Tower Crane*



Gambar 3.4 Denah Alternatif 3

3.6. Penentuan Lokasi Awal *Tower Crane*

Ada 4 tahap dalam menentukan lokasi awal *tower crane* bertujuan untuk memperkirakan kelompok pekerjaan setiap *tower crane*, yaitu:

1. menentukan kapasitas angkatan dan *feasible area*
2. menentukan *feasible area*
3. mengelompokkan pekerjaan ke dalam kelas terpisah
4. menentukan lokasi awal *tower crane*.

3.7. Penentuan Kelompok Pekerjaan yang Mampu Meringankan Beban Kerja dan Meminimalkan Konflik yang Terjadi Pada *Tower Crane*

Dalam penentuan kelompok pekerjaan ini dibagi menjadi 3 tahap, yaitu:

1. matriks aksesibilitas
2. kriteria penentuan pekerjaan
3. penentuan pekerjaan

3.8. Optimasi *Tower Crane* Tunggal Diterapkan Pada Setiap *Tower Crane*

Tahap ini bertujuan untuk memilih waktu rata-rata terkecil pada perjalanan pengait *tower crane*. Dalam optimasi *tower crane* tunggal ini dibagi menjadi 3 tahap, yaitu:

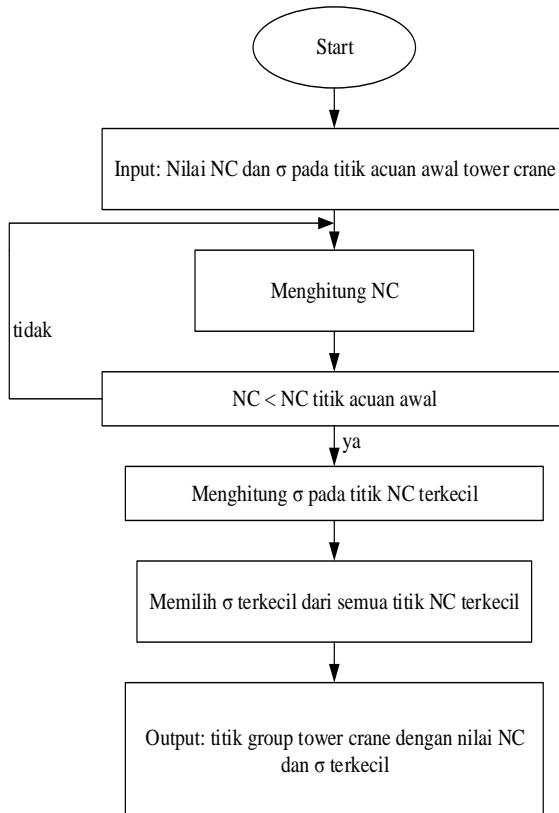
1. model lokasi *tower crane* tunggal
2. waktu perjalanan pengait untuk melakukan pekerjaan
3. optimasi penempatan *group tower crane*

3.9. Perhitungan Biaya Operasional *Group Tower Crane*

Tahap ini bertujuan untuk mengetahui besar biaya operasional *tower crane* berdasarkan *tower crane* yang memiliki nilai konflik indeks dan keseimbangan kerja terkecil.

3.10. Tahapan Iterasi

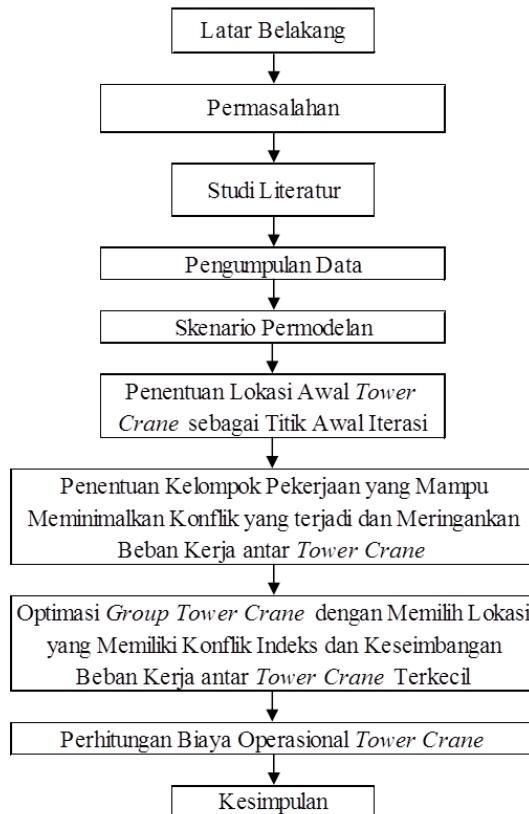
Proses tahapan iterasi disajikan pada Gambar 3.5 berikut:



Gambar 3.5 *Flowchart Penentuan Nilai NC dan σ pada Group Tower Crane*

Ada 2 kriteria dalam menentukan letak *group tower crane* yang optimal yaitu konflik indek (NC) dan keseimbangan beban kerja (σ). NC sebagai parameter nilai konflik akan menunjukkan berapa banyak intensitas tabrakan ataupun tumpang tindih yang dialami tower crane satu dengan yang lainnya, σ menunjukkan keseimbangan beban kerja pada masing-masing tower crane dimana setiap tower crane diharapkan mendapatkan beban kerja

yang sama atau memiliki selisih yang tidak terlalu besar dengan tower crane lainnya.



Gambar 3.6 Bagan Alur Penelitian

BAB IV ANALISA

4.1 Tinjauan Pustaka

4.1.1 Data Umum Proyek

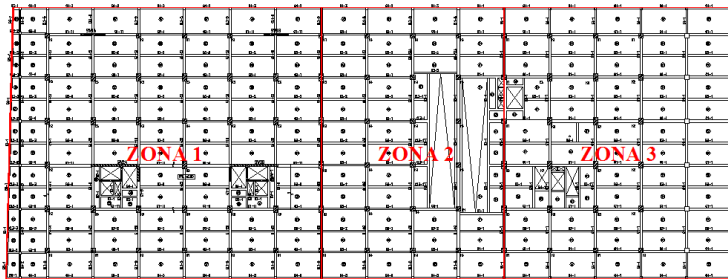
- Nama Proyek : My Tower Apartment & Hotel
- Lokasi Proyek : Jl. Rungkut Industri No. 1,
Surabaya
- Luas Lahan : 7.836 m²
- Luas Bangunan : 6.698 m²

4.1.2 Struktur Organisasi

- PT. Galaxy Wahyu Kencana
(Pemilik Proyek)
- PT. Benjamin Gideon & Associates
(Konsultan Struktur)
- PT. Surya Bangun Persada Indah
(Kontraktor Pelaksana)

4.1.3 Ruang Lingkup Proyek

Tower Crane digunakan untuk melayani pengangkutan material dari titik *supply* ke titik *demand*. Dalam Proyek My Tower terdiri dari beberapa titik *demand* yang berada dalam 3 zona. Denah pembagian zona untuk *tower crane* dapat dilihat pada Gambar 4.1 di bawah ini:



Gambar 4.1 Denah Pembagian Zona Untuk *Tower Crane*

Penentuan zona sudah diketahui sesuai dengan data eksisting di lapangan. My Tower Surabaya terdiri dari 21 lantai yang dibagi menjadi dua tipe lantai, yaitu tipikal pada lantai 1 sampai lantai 5 dan tipikal pada lantai 6 sampai 21. Untuk lantai 1 sampai lantai 5 merupakan bangunan podium dan terdiri dari 3 zona, yaitu zona 1, 2, dan 3, sedangkan untuk lantai 6 sampai dengan lantai 21 merupakan bangunan apartemen dan hotel dan terdiri dari 2 zona, yaitu zona 1 untuk apartemen dan zona 3 untuk hotel.

Untuk memperoleh titik optimal *Tower Crane* pada Tugas Akhir ini maka direncanakan ada 3 skenario. Masing-masing skenario memiliki perbedaan seperti tercantum di bawah ini.

- Skenario 1

Dalam skenario ini mengetahui titik optimal *tower crane* sesuai dengan data denah titik *supply* pada perencanaan awal kontraktor dan radius *tower crane* 60 m.

- Skenario 2

Skenario 2 ini mengetahui titik optimal *tower crane* pada kondisi titik *supply* yang telah di modifikasi lokasi penempatan dan jumlahnya tetapi radius *tower crane* yang digunakan sama seperti data yang ada di lapangan yaitu 60 m.

- Skenario 3

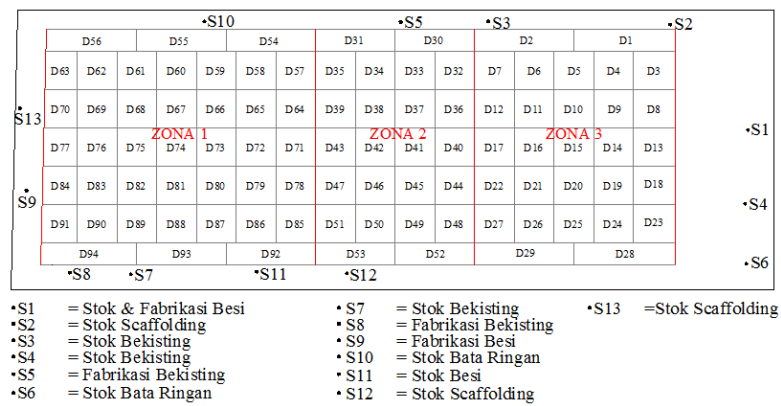
Skenario 3 ini mengetahui titik optimal *tower crane* pada kondisi titik *supply* dan *tower crane* yang telah dimodifikasi penempatannya serta radius diperkecil dari skenario 1, yaitu untuk TC1 50 m dan untuk TC2 55m.

4.2 Skenario 1

4.2.1 Menentukan Titik *Supply* dan Titik *Demand*

Titik *supply* adalah titik penyedia bahan maupun material yang ditempatkan di area strategis dan dapat memenuhi kebutuhan bahan dan material ke titik *supply* lain dan ke titik *demand*. Titik *supply* terdiri dari titik penyediaan material dan fabrikasi. Pada proyek akhir ini ditentukan titik *supply* yang meliputi titik penyediaan scaffolding, titik penyediaan bata ringan, titik fabrikasi pembesian dan titik fabrikasi bekisting. Penentuan titik *demand* diperoleh dari proses penentuan zona yang selanjutnya zona tersebut dibagi menjadi beberapa titik *demand* berdasarkan luasan tiap pelat lantai dari masing-masing zona, yaitu dengan ukuran 7m x 8m. Faktor lain yang menjadi bahan pertimbangan dalam menentukan ukuran dan koordinat titik *demand* adalah pergerakan pekerja. Dengan direncanakannya titik *demand* menggunakan ukuran tersebut diasumsikan dalam memasang atau merakit material, pekerja tidak perlu berjalan jauh untuk mendistribusikan material dari pusat titik *demand* ke semua sisi dalam area *demand* tersebut, sehingga diharapkan waktu pendistribusian material bisa diminimalisir.

Untuk menentukan waktu perjalanan *tower crane*, maka digunakan koordinat, koordinat tersebut digunakan untuk mengetahui letak titik *supply* dan titik *demand*, yang nantinya akan digunakan sebagai variabel dalam perhitungan.



Gambar 4.2 Denah Titik *Supply* dan Titik *Demand*

Dari gambar di atas dapat diketahui dimana letak koordinat titik *supply* dan titik *demand* dan juga penamaan dari titik *supply* dan titik *demand*. Adapun koordinat titik *supply* dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut ini:

Tabel 4.1 Koordinat Titik *Supply*

Titik <i>Supply</i>	Koordinat		
	X	Y	Z
S1	148	32	0
S2	133	53	0
S3	96	53	0
S4	148	17	0
S5	78	54	0
S6	148	5	0
S7	24	3	0
S8	12	3	0
S9	3	20	0
S10	39	54	0
S11	49	3	0
S12	68	3	0
S13	2	36	0

Keterangan:

S1, S5, S9, S11 = titik *supply* pembesian

S2, S12, S13 = titik *supply* scaffolding

S3, S4, S5, S7, S8 = titik *supply* bekisting

S6, S10 = titik *supply* bata ringan

Dari tabel di atas dapat diketahui koordinat X, Y, dan Z dari masing masing titik *supply*. Pada koordinat $Z = 0$ menandakan bahwa seluruh titik *supply* tersebut berada pada elevasi ± 0.00 atau berada di tanah asli. Untuk koordinat titik *demand* dapat dilihat pada Tabel 4.2 berikut:

Tabel 4.2 Koordinat Titik *Demand*

Titik <i>Demand</i>	Koordinat		
	X	Y	Z
D1-2	148	32	4.8
D2-2	133	53	4.8
D3-2	96	53	4.8
D4-2	148	17	4.8
D5-2	78	54	4.8
D6-2	148	5	4.8
D7-2	24	3	4.8
D8-2	12	3	4.8
D9-2	3	20	4.8
....
D94-2	16	7	4.8

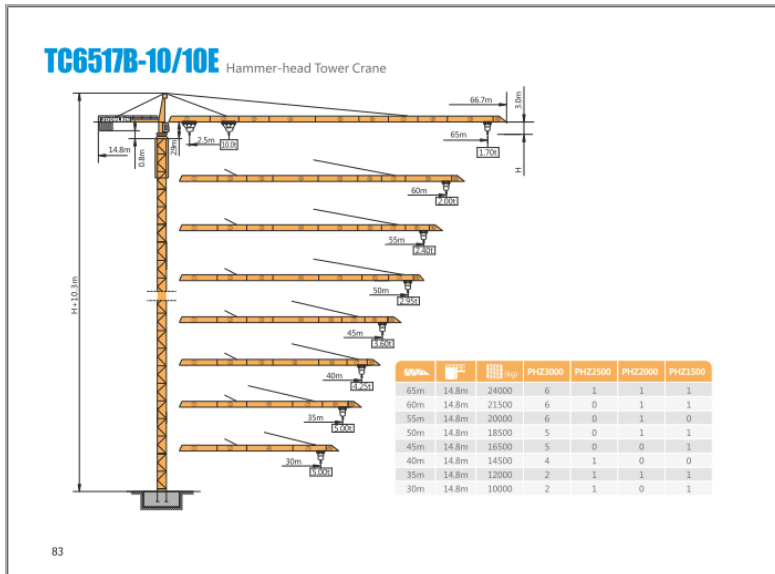
Dari tabel di atas dapat diketahui koordinat X, Y, dan Z dari masing masing titik *demand*. D1-2 menandakan bahwa titik *demand* 1 berada pada lantai 2 yang berada pada elevasi +4.80.

Titik *demand* ditentukan berdasarkan luasan dari masing-masing pelat yaitu seluas 7m x 8m. Jadi kapasitas angkatan dapat diketahui dari kebutuhan dari tiap pelat tersebut.

4.2.2 Menentukan Model Lokasi Awal Tower Crane

4.2.2.1 Menentukan Kapasitas Angkutan Tower Crane

Digunakan *tower crane* ZOOMLION TC6517B-10/10E dengan spesifikasi sebagai berikut:










Gambar 4.3 Spesifikasi *Tower Crane* ZOOMLION TC6517B-10/10E
(Sumber: Brosur *Tower Crane* ZOOMLION TC6517B-10/10E)

Kapasitas angkatan *tower crane* ditentukan oleh radius *tower crane* yang digunakan, semakin besar radius yang digunakan maka kapasitas angkatan *tower crane* semakin kecil dan begitu sebaliknya. *Tower crane* yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah *tower crane* dengan radius 60 m dengan kapasitas angkat 2 ton.

TC6517B-10/10E Hammer-head Tower Crane

TC6517B-10/10E

Mechanisms

	Configuration		IV		V		kW	
			IV	V	IV	V		
 Hoisting	QE10100E2	m/min	50	100	25	50	60/60	540m \square (6 layers)
		t	5	2.5	10	5		
 Slewing	HVV95F1.130 HVV95F2.130	r/min	0~0.6				2x95 N.m	 Consult us if overtop
 Trolleying	BP55B	m/min	0~55				5.5	
 Travelling	ZA52-D B52-D	m/min	0~25				2x5.2	
	380V($\pm 10\%$)50Hz	76.5+2x5.2 (kW)						

87

Gambar 4.4 Mekanisme ZOOMLION TC6517B-10/10E
(Sumber: Brosur *Tower Crane* ZOOMLION TC6517B-10/10E)

Berdasarkan tabel brosur *tower crane* di atas kecepatan vertikal tergantung pada beban maksimal yang diangkat. Apabila beban maksimal yang dapat diangkat adalah 2 ton, maka kecepatan vertikal (V_v) adalah 50 m/menit dan kecepatan gerak horisontal radial pengait antara 0 sampai 55 m/menit maka dipakai (V_a) sebesar 55 m/menit. Kecepatan putar lengan kerja antara 0 sampai 0,6 rad/menit dan dipakai (V_ω) sebesar 0,6 rpm.

Tabel 4.3 Waktu *Delay*

Material	Load Delay	Unload Delay
Besi	2 menit	2 menit
Bekisting	2 menit	2 menit
Scaffolding	2 menit	2 menit
Bata Ringan	2 menit	2 menit

Tabel di atas menjelaskan waktu *load delay* dan waktu *unload delay* dari setiap material. *Load delay* adalah waktu jeda dimana *tower crane* siap untuk mengangkat material setelah material tertata rapi pada kait *tower crane*. Sedangkan *unload delay* adalah waktu jeda dimana *tower crane* menurunkan material ke titik *demand* (dilakukan pembongkaran material dari kait *tower crane*). Selain *load delay* dan *unload delay*, total waktu pengangkutan juga dipengaruhi oleh frekuensi pengangkutan material sesuai dengan daftar pekerjaan *tower crane*.

Di bawah ini merupakan daftar pekerjaan *tower crane* dan jumlah frekuensi pengangkatannya.

Tabel 4.4 Pekerjaan dan Frekuensi Angkatan dari Titik *Supply* ke Titik *Demand*

<i>Task</i>	<i>Supply</i>	<i>Demand</i>	Q
1	S1	D1-2	1
2	S1	D2-2	1
3	S1	D3-2	1
4	S1	D4-2	1
5	S1	D5-2	1
....	
334	S13	D91-2	1

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa *task* 1 merupakan pekerjaan pengangkutan material dari titik S1 ke D1 lantai 2 dengan jumlah pengangkutan (Q) sebanyak 1 kali.

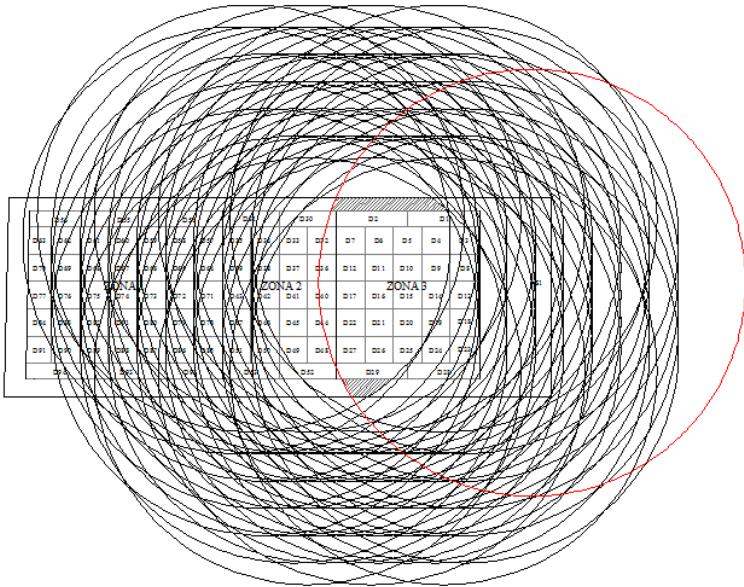
4.2.2.2 Menentukan *Feasible Area*

Feasible area adalah area yang paling memungkinkan untuk menempatkan *tower crane* dalam satu kelompok pekerjaan yang mampu dilayani *tower crane* tersebut. *Feasible area* merupakan irisan dari sejumlah *feasible task area* yang saling tumpang tindih atau overlap. Sedangkan *feasible task area* adalah

area untuk menempatkan *tower crane* agar dapat melayani pekerjaan mengangkut dari titik *supply* ke titik *demand*.

Untuk mempermudah dalam pembuatan *feasible area* maka *feasible area* dibuat terpisah sesuai dengan jenis material apa saja yang diangkut *tower crane* dan zona yang telah ditentukan sehingga akan terlihat jelas *feasible area* dari masing-masing pekerjaan sesuai dengan titik *supply* ke titik *demand* nya. Kemudian dari masing-masing *feasible area* tersebut akan digabungkan menjadi satu irisan *feasible area* yang mencakup semua jenis pengangkutan pekerjaan.

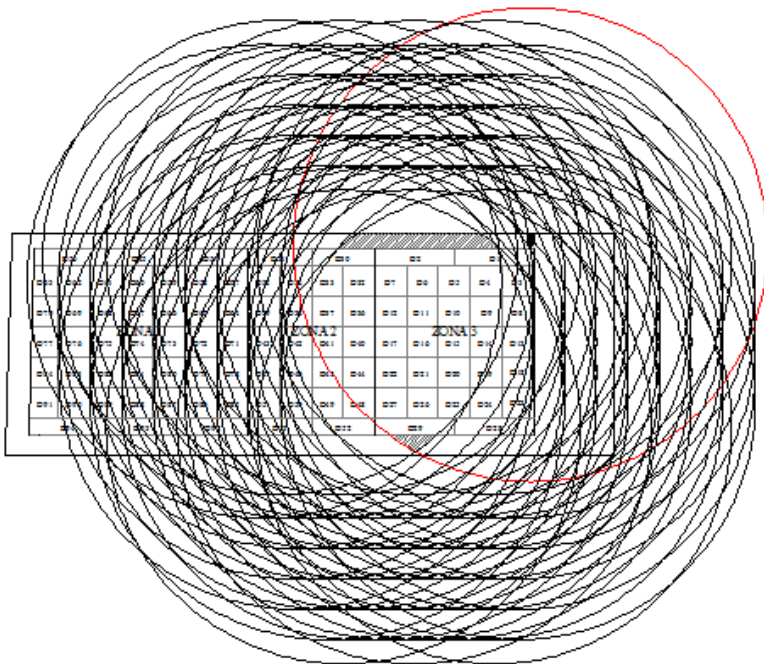
Cara membuat *feasible area* adalah membuat lingkaran dengan radius sebesar radius *tower crane* pada pusat titik *demand* dan pusat titik *supply*. Kemudian dari semua lingkaran itu di ambil irisan yang mencakup semua lingkaran yang ada. Dari irisan ini akan membentuk sebuah area yang akan digunakan untuk posisi *tower crane*. Dalam hal ini *tower crane* yang digunakan adalah *tower crane* jenis *self supporting static tower crane* atau *tower crane* yang ditanam di dasar tanah, maka dalam menentukan *feasible area* dibatasi oleh bangunan yang didirikan. Sebagai contoh akan ditunjukkan bagaimana menentukan *feasible area* untuk distribusi pembesian seperti pada Gambar 4.5 di bawah ini.



Gambar 4.5 *Feasible Area* Pembesian

Pada gambar di atas terlihat lingkaran merah yang menandakan lingkaran tersebut merupakan radius dari titik *supply* pembesian dan lingkaran hitam merupakan radius dari titik *demand*, sedangkan area yang di arsir adalah *feasible area* dari pembesian. *Feasible area* dibatasi oleh bangunan yang ada karena jenis *tower crane* yang digunakan adalah *tower crane* tanam sehingga *tower crane* tidak bisa diposisikan di dalam bangunan dan dibatasi oleh wilayah proyek.

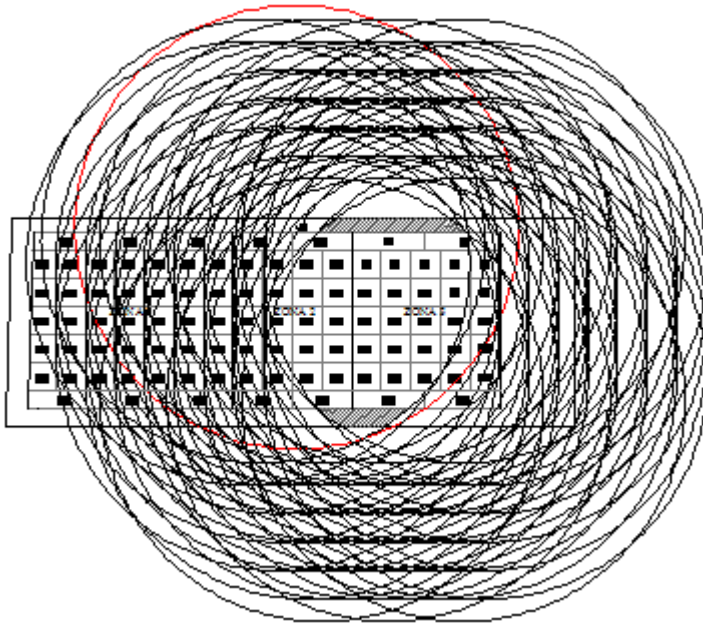
Di bawah ini adalah gambar *feasible area* untuk scaffolding pada titik S2 dan titik *demand* pada Area distribusi TC2.



Gambar 4.6 *Feasible Area Scaffolding*

Pada gambar di atas terlihat lingkaran merah yang menandakan lingkaran tersebut merupakan radius dari titik *supply scaffolding* dan lingkaran hitam merupakan radius dari titik *demand*, sedangkan area yang di arsir adalah *feasible area* dari scaffolding. *Feasible area* dibatasi oleh bangunan yang ada karena jenis *tower crane* yang digunakan adalah *tower crane* tanam sehingga *tower crane* tidak bisa diposisikan di dalam bangunan dan dibatasi oleh wilayah proyek.

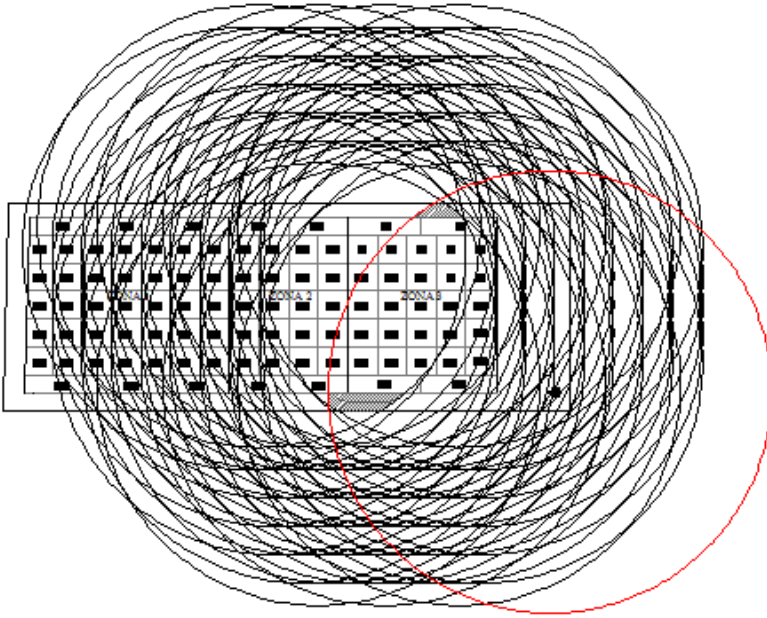
Di bawah ini adalah gambar *feasible area* untuk bekisting pada titik S5 dan titik *demand* pada Area distribusi TC2.



Gambar 4.7 *Feasible Area* Bekisting

Pada gambar di atas terlihat lingkaran merah yang menandakan lingkaran tersebut merupakan radius dari titik *supply* bekisting dan lingkaran hitam merupakan radius dari titik *demand*, sedangkan area yang di arsir adalah *feasible area* dari jenis *tower crane* yang digunakan adalah *tower crane* tanam sehingga *tower crane* tidak bisa diposisikan di dalam bangunan dan dibatasi oleh wilayah proyek.

Di bawah ini adalah gambar *feasible area* untuk bata ringan pada titik S6 dan titik *demand* pada Area distribusi TC2.



Gambar 4.8 *Feasible Area* Bata Ringan

Pada gambar di atas terlihat lingkaran merah yang menandakan lingkaran tersebut merupakan radius dari titik *supply* bata ringan dan lingkaran hitam merupakan radius dari titik *demand*, sedangkan area yang di arsir adalah *feasible area* dari bata ringan. *Feasible area* dibatasi oleh bangunan yang ada karena jenis *tower crane* yang digunakan adalah *tower crane* tanam sehingga *tower crane* tidak bisa diposisikan di dalam bangunan dan dibatasi oleh wilayah proyek.

Dari semua *feasible area* yang didapatkan dari masing-masing pekerjaan kemudian digabungkan menjadi 1 irisan *feasible area* yang mencakup semua *feasible area*. Irisan tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.9 di bawah:

D56			D55			D54			D31			D30		D2		D1	
D63	D62	D61	D60	D59	D58	D57	D35	D34	D33	D32	D7	D6	D5	D4	D3		
D70	D69	D68	D67	D66	D65	D64	D39	D38	D37	D36	D12	D11	D10	D9	D8		
D77	D76	D75	D74	D73	D72	D71	D43	D42	D41	D40	D17	D16	D15	D14	D13		
D84	D83	D82	D81	D80	D79	D78	D47	D46	D45	D44	D22	D21	D20	D19	D18		
D91	D90	D89	D88	D87	D86	D85	D51	D50	D49	D48	D27	D26	D25	D24	D23		
D94			D93			D92			D53			D52		D29		D28	

Gambar 4.9 Irisan *Feasible Area* pada Area Distribusi TC 2

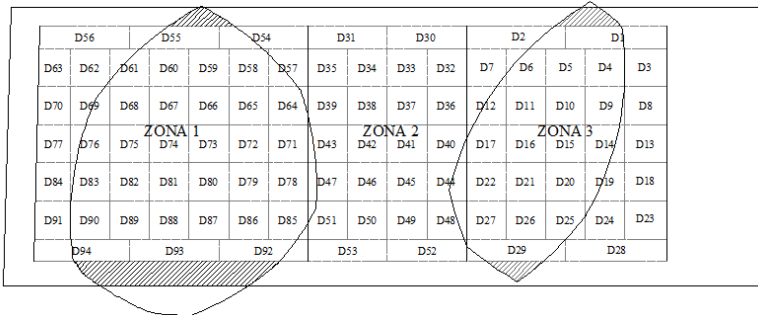
Setelah dilakukan penggabungan *feasible area* dari *task* pada pembesian, scaffolding, bekisting, dan bata ringan di area distribusi TC 2 kemudian keempat *feasible area* tersebut digabungkan menjadi 1 *feasible area* yang dinamakan *feasible task area*.

Untuk menentukan *feasible area* pada area distribusi TC 1 dapat dilakukan cara yang sama seperti di atas. Irisan pada area distribusi TC 1 dapat dilihat pada Gambar 4.10 berikut:

D56		D55		D54		D31		D30		D2		D1				
D63	D62	D61	D60	D59	D58	D57	D35	D34	D33	D32	D7	D6	D5	D4	D3	
D70	D69	D68	D67	D66	D65	D64	D39	D38	D37	D36	D12	D11	D10	D9	D8	
D77	D76	ZONA 1		D74	D73	D72	D71	ZONA 2		D41	D40	ZONA 3		D15	D14	D13
D84	D83	D82	D81	D80	D79	D78	D47	D46	D45	D44	D22	D21	D20	D19	D18	
D91	D90	D89	D88	D87	D86	D85	D51	D50	D49	D48	D27	D26	D25	D24	D23	
D94		D93		D92		D53		D52		D29		D28				

Gambar 4.10 Irisan *Feasible Area* pada Area Distribusi TC 1

Setelah irisan pada area distribusi TC 1 dan TC 2 didapatkan, maka seluruh irisan tersebut digabungkan sehingga terbentuk *feasible task area* dari seluruh *task*. Hasil dari irisan tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.11 di bawah ini:

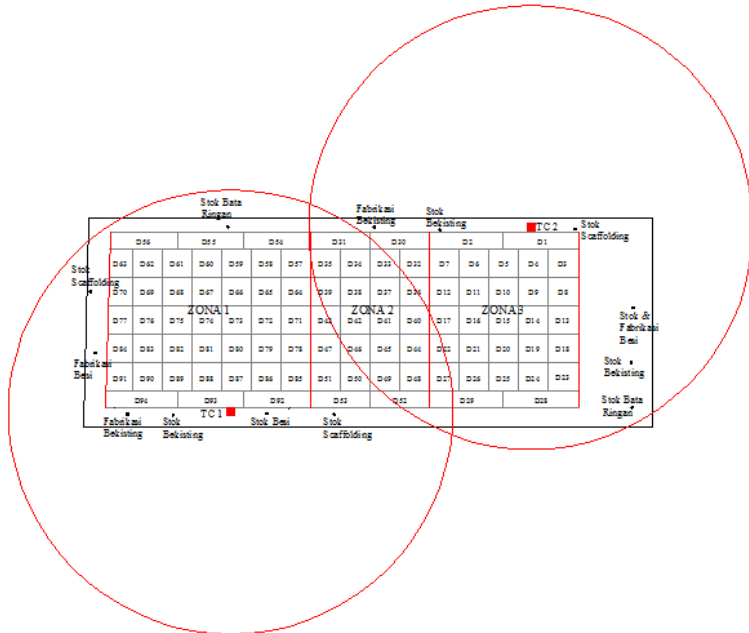


Gambar 4.11 *Feasible Task Area* pada Zona 1, 2, dan 3

Gambar daerah yang diarsir di atas menunjukkan *Feasible Task Area* pada *Area* distribusi TC1 dan TC2. Selanjutnya daerah ini akan dibagi menjadi beberapa titik kemungkinan untuk digunakan menentukan posisi optimal pada *tower crane*.

4.2.2.3 Menentukan Lokasi Awal *Tower Crane*

Lokasi awal untuk penempatan *tower crane* pada skenario 1 ini sesuai data eksisting di lapangan dan lokasi tersebut bersifat sementara yang digunakan sebagai titik acuan penentuan kelompok pekerjaan. Untuk TC 1 ditempatkan pada koordinat (40,4) dan untuk TC 2 pada koordinat (121,54) seperti Gambar 4.12 berikut ini:

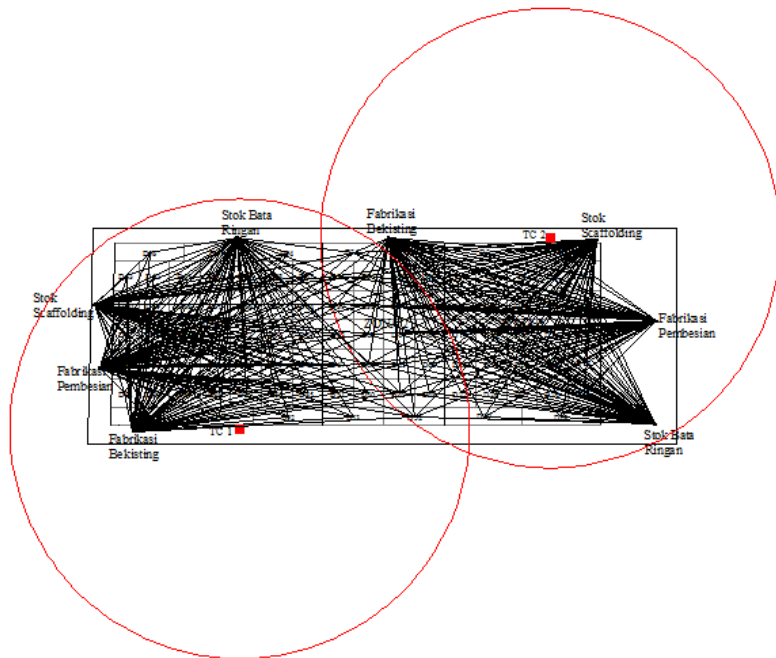


Gambar 4.12 Lokasi Awal TC 1 dan TC 2

Gambar di atas merupakan posisi awal TC 1 dan TC 2 dengan radius masing-masing adalah 60 m. Titik acuan ini digunakan sebagai acuan awal perhitungan konflik indeks (NC) dan keseimbangan beban kerja antar *tower crane* sebelum dilakukan iterasi.

4.2.3 Menentukan Kelompok Pekerjaan untuk Setiap *Tower Crane*

Pada tahap ini lokasi *tower crane* direncanakan berada sesuai kondisi eksisting di lapangan, sehingga dapat diketahui tingkat aksesibilitasnya seperti pada Gambar 4.13 di bawah ini:



Gambar 4.13 Aksesibilitas TC 1 dan TC 2

Dari gambar di atas dapat diketahui tingkat aksesibilitas dari masing-masing *tower crane*, dengan radius yang telah ditentukan tersebut *tower crane* mampu memenuhi semua pendistribusian material dari titik *supply* ke titik *demand*.

Pada setiap pekerjaan yang dapat diakses oleh *tower crane* diberi nilai 1 dan untuk pekerjaan yang tidak dapat diakses diberi nilai 0. Apabila ada pekerjaan yang memiliki nilai 1 pada TC 1 dan TC 2 maka pekerjaan tersebut mengalami overlap. Kemampuan aksesibilitas dari masing-masing *tower crane* tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.5 berikut ini:

Tabel 4.5 Matriks Aksesibilitas TC 1 dan TC 2

Task	1	2	3	4	5	6	7	...	159	160
TC1	0	0	0	0	0	0	0	...	1	1
TC2	1	1	1	1	1	1	1	...	1	0
Task	161	162	163	164	165	166	167	...	333	334
TC1	1	1	1	1	1	1	1	...	1	1
TC2	1	1	1	0	1	1	0	...	0	0

Dari tabel di atas dapat diketahui pada *task* 1 pada TC1 bernilai 0 dan pada TC2 bernilai 1, ini berarti *task* 1 hanya dapat dilakukan oleh TC 2. Tetapi pada *task* 159, TC1 dan TC2 bernilai 1 yang berarti *task* 159 dapat dikerjakan oleh kedua *tower crane*. Dari matriks aksesibilitas pekerjaan dapat diketahui bahwa pada *task* 159, 161, 162, 163, 165, dan 166 mengalami overlap. Ini terjadi karena radius dari TC 1 dan TC 2 beririsan pada *task-task* tersebut, sehingga pekerjaan dapat dikerjakan oleh TC 1 maupun TC 2. Untuk lebih jelas dan lengkapnya dapat dilihat pada lampiran matriks aksesibilitas sebelum iterasi.

4.2.3.1 Menetapkan Kelompok Pekerjaan dengan Keseimbangan Beban Kerja dan Konflik Indeks Terkecil

Pada tahap ini, pekerjaan yang dapat dilayani oleh lebih dari 1 *tower crane* ditetapkan ke dalam kelompok pekerjaan TC1 dan TC2, dengan syarat kelompok pekerjaan tersebut memiliki standart deviasi (σ) beban kerja minimum yang menunjukkan beban kerja seimbang dan juga memiliki konflik indeks (NC) minimum pula. NC yang rendah menggambarkan kecilnya resiko tabrakan yang akan dialami oleh *tower crane*.

Untuk perhitungan standart deviasi (σ) keseimbangan beban kerja pada masing-masing waktu pengangkutan untuk setiap *crane* menggunakan :

$$\sigma = \sqrt{\sum_i \frac{(\bar{T} - T_i)^2}{I}}$$

$$= \sigma (\delta_{11}, \delta_{12}, \dots, \delta_{21}, \delta_{22}, \dots, \delta_{ij}, \dots, \delta_{IJ})$$

dengan keterangan :

σ = Kriteria penentuan pekerjaan.

T = Waktu rata-rata pengangkutan dari semua crane

T_i = waktu pengangkutan pengait crane ke-i.

T_i merupakan waktu pengangkutan pengait Crane ke i :

$$T_i = \sum_{j=1}^J \delta_{ij} \cdot Q_j \cdot (t_{1ij} + t_{2ij} + t_{3ij} + t_{4ij})$$

dengan keterangan :

T_i = waktu pengangkutan pengait crane ke-i.

δ_{ij} = variabel binary.

Q_j = Jumlah angkatan untuk pekerjaan j.

t_{1ij} = Waktu perjalanan pengait dengan beban.

t_{2ij} = Waktu perjalanan pengait tanpa beban.

t_{3ij} = Waktu jeda rata-rata pengangkutan.

t_{4ij} = Waktu jeda rata-rata pembongkaran.

δ_{ij} merupakan angka dari matrik aksesibilitas yang nilainya 1 atau 0, sedangkan Q adalah frekuensi distribusi dan $(t_{1ij} + t_{2ij} + t_{3ij} + t_{4ij})$ merupakan total waktu yang diperlukan untuk mengangkat material dari titik *supply* ke titik *demand* dengan lokasi *tower crane* yang telah ditentukan sebelumnya.

Menghitung waktu perjalanan pengait pekerjaan dari titik *supply* ke titik *demand*

$$T = \max (T_h, T_v) + \beta \min (T_h, T_v)$$

$$T_v = (ZD_j - ZS_j) / V_v$$

$$T_h = \max (T_a, T_\omega) + \alpha \min (T_a, T_\omega)$$

$$\rho(D_j) = \sqrt{(XD_j - x)^2 + (YD_j - y)^2}$$

$$\rho(S_j) = \sqrt{(XS_j - x)^2 + (YS_j - y)^2}$$

$$l_j = \sqrt{(XD_j - XS_j)^2 + (YD_j - YS_j)^2}$$

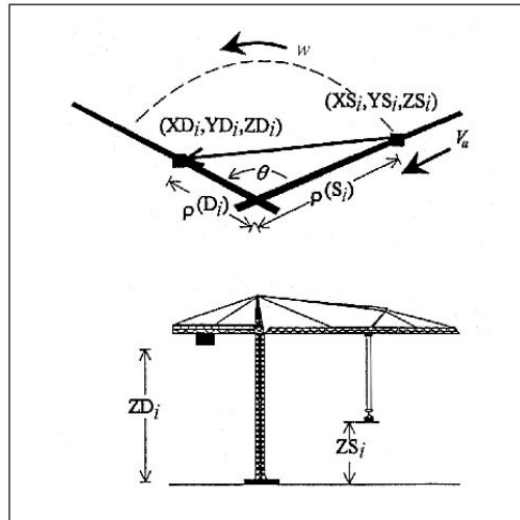
Waktu pergerakan radial trolley

$$T_a = \left| \frac{\rho(D_j) - \rho(S_j)}{V_a} \right|; T_\omega = \frac{1}{\omega} \cdot \text{Arc cos} \left(\frac{l_j^2 - \rho(D_j)^2 - \rho(S_j)^2}{2 \cdot \rho(D_j) \cdot \rho(S_j)} \right); (0 \leq \text{Arc}$$

$$\cos (\theta) \leq \pi)$$

Dimana

- T_h = Waktu perjalanan horizontal pengait
 T_v = Waktu perjalanan vertikal pengait
 T_a = Waktu pergerakan radial trolley
 T_ω = Waktu pergerakan tangensial trolley
 α = Derajat koordinasi pergerakan pengait dalam arah radial dan tangensial pada bidang horizontal; (antara 0 sd 1)
 β = Derajat koordinasi pergerakan pengait dalam arah radial dan tangensial pada bidang vertikal dan horizontal; (antara 0 sd 1)



Gambar 4.14 Waktu Perjalanan Pengait
(Sumber: Tam dan Leung, 2008)

Contoh perhitungan:

Menghitung waktu angkat pekerjaan (*task* 1) dari S1 (148; 32;0) ke D1-2 (124;50;4,8) dengan posisi awal TC 2 pada (121;54), δ :1, Q:1, x:121, y:54, XD1:124, YD1:50, ZD1:4,8, XS1:148,

YS1:32, ZS1:0, α :0.25, β :1, kec vertikal (Vv) penuh: 50 m/menit, kec vertikal (Vv) kosong: 100 m/menit, kec horizontal radial (Va) : 55 m/menit, kec putar lengan kerja (Vm) : 0,6 rpm, load delay : 2 menit, unload delay : 2 menit.

Penyelesaian :

$$\begin{aligned}\rho(D_1) &= \sqrt{(XD1 - x)^2 + (YD1 - y)^2} \\ &= \sqrt{(124 - 121)^2 + (50 - 54)^2} \\ &= 5,00\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho(S_1) &= \sqrt{(XS1 - x)^2 + (YS1 - y)^2} \\ &= \sqrt{(148 - 121)^2 + (32 - 54)^2} \\ &= 34,83\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}l_1 &= \sqrt{(XD1 - XS1)^2 + (YD1 - YS1)^2} \\ &= \sqrt{(124 - 148)^2 + (50 - 32)^2} \\ &= 30,00\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}T_a &= \left| \frac{\rho(D1) - \rho(S1)}{V_a} \right| \\ &= \left| \frac{5,00 - 34,83}{55} \right| \\ &= -0,54\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}T_\omega &= \frac{1}{\omega} \cdot \text{Arc cos} \left(\frac{l_1^2 - \rho(D1)^2 - \rho(S1)^2}{2 \cdot \rho(D1) \cdot \rho(S1)} \right) \\ &= \frac{1}{0,6} \cdot \text{Arc cos} \left(\frac{30,00^2 - 5,00^2 - 34,83^2}{2 \cdot 5,00 \cdot 34,83} \right) \\ &= 2,65\end{aligned}$$

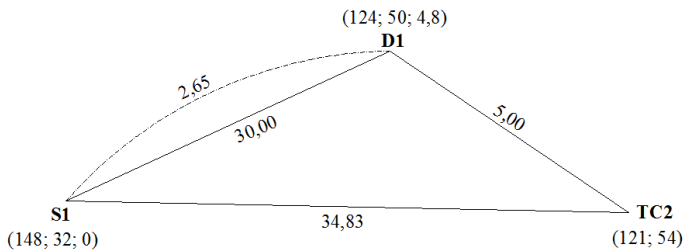
$$\begin{aligned}T_h &= \max(T_a, T_\omega) + \alpha \min(T_a, T_\omega) \\ &= 2,65 + 0,25 \cdot (-0,54) \\ &= 2,51\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}T_v(\text{penuh}) &= (ZD1 - ZS1) / V_v \\ &= (4,8 - 0,00) / 50 \\ &= 0,10\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}T_v(\text{kosong}) &= (ZD1 - ZS1) / V_v \\ &= (4,8 - 0,00) / 100 \\ &= 0,05\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 t1 &= \max (Th, Tv(pnh)) + \beta \min (Th, Tv(pnh)) \\
 &= 2,51 + 1 \cdot 0,10 \\
 &= 2,61 \\
 t2 &= \max (Th, Tv(ksng)) + \beta \min (Th, Tv(ksng)) \\
 &= 2,51 + 1 \cdot 0,05 \\
 &= 2,56 \\
 t3 &= 2 \\
 t4 &= 2 \\
 T &= \delta \cdot Q \cdot (t1 + t2 + t3 + t4) \\
 &= 1 \cdot 1 \cdot (2,61 + 2,56 + 2 + 2) \\
 &= 9,17
 \end{aligned}$$

Hasil dari perhitungan di atas dapat di sajikan dalam Gambar 4.15 di bawah ini.



Gambar 4.15 Pergerakan Pengait pada Task 1

Berikut semua pekerjaan yang telah dihitung nilai T nya dengan rumus di atas dan mendapatkan nilai T total pada masing-masing *tower crane*, kemudian dari penjumlahan T total dari TC 1 dan TC 2 didapatkan nilai standart deviasinya (σ). Pada perhitungan ini titik acuan *tower crane* yang di pakai merupakan titik acuan sesuai data eksisting di lapangan dan belum diiterasi.

Hasil perhitungan nilai T pada lantai 2 untuk TC 1 didapat nilai ΣT sebesar 1412, 9 menit dan ΣT pada TC 2 sebesar 1406,57 menit. Dengan ΣT rata-rata sebesar 1409,73 menit.

$$\sigma = \sqrt{\frac{(1409,73 - 1412,9)^2 + (1409,73 - 1406,57)^2}{2}}$$

$$= 3,16 \text{ menit.}$$

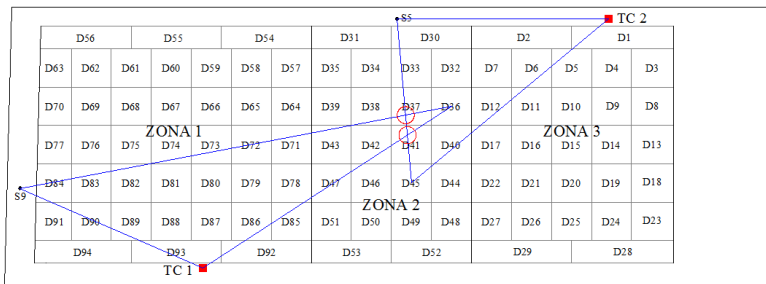
Jadi keseimbangan beban kerja adalah 3,16 menit. Untuk lebih jelas dan lengkapnya dapat dilihat pada lampiran keseimbangan beban kerja.

Perhitungan NC menggunakan rumus :

$$NC_{ik} = \sum_{l=1}^L \sum_{j=1}^J n_{ij,kl} (Q_{ij} + Q_{kl})$$

Q_{ij} merupakan frekuensi angkatan pekerjaan j oleh *tower crane* i , sedangkan Q_{kl} merupakan frekuensi angkatan pekerjaan l oleh *tower crane* k dan $n_{ij,kl}$ adalah jumlah perpotongan atau konflik antara pekerjaan j oleh TC_i dengan pekerjaan l oleh TC_k . Pada Tugas akhir ini *tower crane* yang mengalami konflik adalah TC 1 dan TC 2, maka $NC = NC_{12}$

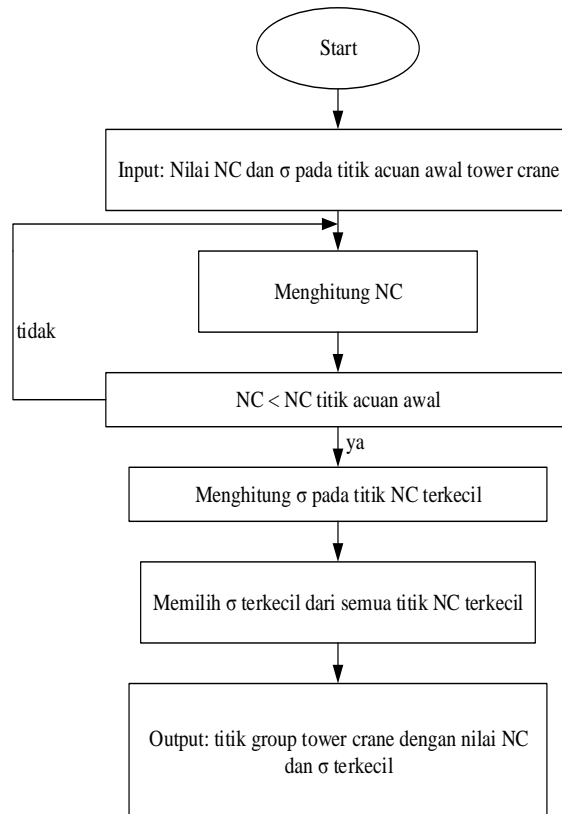
Contoh konflik antar pekerjaan dapat dilihat pada Gambar 4.16 yang terjadi pada *task* 215 oleh TC 1 dan *task* 133 oleh TC 2.



Gambar 4.16 Perpotongan *Task* 215 (TC1) dengan *Task* 133 (TC2)

Dari gambar di atas jumlah perpotongan (n) yaitu 2 titik. Sedangkan frekuensi angkatan pekerjaan 215 oleh TC 1 sebanyak 1 kali dan frekuensi angkatan pekerjaan 133 oleh TC 2 sebanyak 1 kali. Sehingga besarnya nilai konflik yang terjadi adalah $n \times (Q_i + Q_j) = 2 \times (1+1) = 4$.

Selanjutnya semua pasangan pekerjaan dihitung konflik indeksinya dengan cara yang sama kemudian dijumlahkan semuanya. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada lampiran konflik indeks sebelum iterasi.



Gambar 4.17 Flowchart Penentuan Nilai NC dan σ pada *Group Tower Crane*

Pada gambar flowchart penentuan NC dan σ pada group *tower crane* di atas menunjukkan alur bagaimana proses diambilnya titik optimal group *tower crane*. Pada iterasi ini menggunakan Microsoft Office Excel.

Untuk lebih jelasnya alur penentuan konflik indek dan keseimbangan beban kerja antar *tower crane* dapat dilihat sebagai berikut :

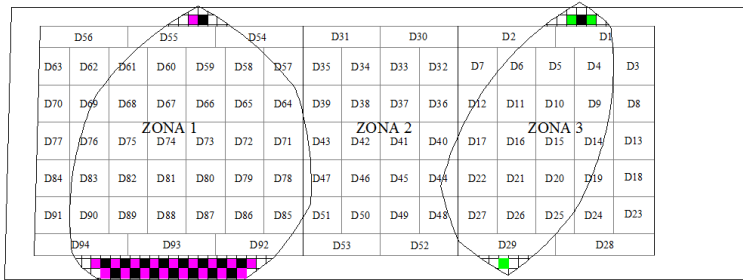
1. Menentukan nilai NC dan σ pada titik acuan awal *tower crane* sebagai data awal penentuan titik *tower crane* yang optimal.
2. Menentukan nilai NC pada semua kombinasi titik sampel pada group *tower crane* baik pada TC 1 dan TC 2. Diambil nilai NC yang paling kecil daripada nilai NC pada titik acuan awal *tower crane*.
3. Menghitung nilai σ pada titik NC terkecil, jika ada lebih dari satu titik dengan NC terkecil maka di pilih nilai σ terkecil.
4. Hasil yang didapat adalah titik group *tower crane* dengan nilai NC terkecil dan σ terkecil.

Dalam penentuan letak group *tower crane* yang optimal memiliki 2 kriteria yaitu konflik indek (NC) dan keseimbangan beban kerja pada masing-masing *tower crane* (σ). NC sebagai parameter nilai konflik akan menunjukkan berapa banyaknya intensitas tabrakan yang di alami *tower crane* satu dengan *tower crane* yang lainnya, sedangkan (σ) menunjukkan keseimbangan beban kerja pada masing-masing *tower crane* dimana setiap *tower crane* diharapkan mendapatkan beban kerja yang sama dengan *tower crane* yang lainnya, jangan sampai salah satu *tower crane* mendapatkan beban kerja yang banyak sedangkan *tower crane* yang lain mendapatkan beban kerja yang sedikit, oleh karena itu masing-masing *tower crane* harus mendapatkan beban kerja yang sama atau selisih beban kerja yang tidak terlalu besar dengan *tower crane* lainnya.

Untuk menentukan posisi group *tower crane* yang optimal memerlukan 2 pertimbangan antara NC dan σ , dalam tugas akhir ini lebih mementingkan NC sebagai acuan utama dalam penempatannya, karena apabila σ yang terjadi kecil tetapi NC nya besar maka tidak dapat dilaksanakan di lapangan karena banyak tabrakan yang terjadi antar *tower crane*.

4.2.3.2 Proses Iterasi

Proses Iterasi dilakukan untuk mendapatkan dua titik sampel yang memiliki nilai NC dan keseimbangan beban kerja yang paling kecil dari semua titik sampel yang ada.

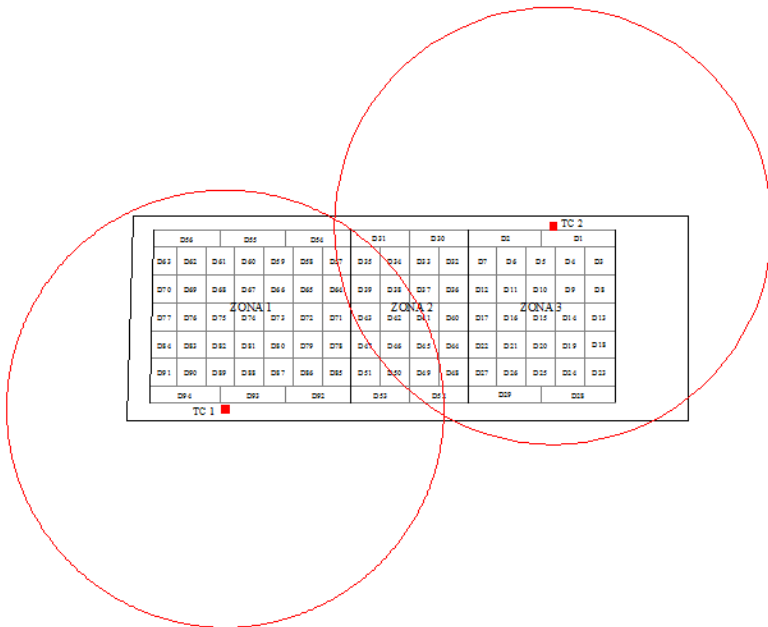


Gambar 4.18 Titik Sampel dalam *Feasible Task Area* Skenario 1

Gambar di atas merupakan titik sampel yang berada dalam *feasible task area* pada area distribusi TC1 dan TC2. Area TC1 adalah kotak warna hitam dan ungu sedangkan Area TC2 adalah warna hitam dan hijau. Setiap kotak memiliki dimensi yang sama yaitu 2 m x 2 m karena disesuaikan dengan dimensi *tower crane* yang dipakai. Terdapat 34 titik pada Area TC1 dan 4 titik pada Area TC2, sehingga jumlah proses iterasi terhadap titik sampel adalah 136 titik. Langkah pertama dalam melakukan iterasi adalah dengan melakukan metode coba-coba mencari irisan dari titik sampel TC1 dan TC2 yang berada dalam posisi ekstrim, yaitu titik yang berada pada bagian paling tepi dari setiap *Feasible Area*, karena radius yang terbentuk dari 2 titik ekstrim akan menghasilkan irisan yang kecil, sehingga memiliki nilai konflik indeks yang paling minimum. Namun dalam menentukan titik yang optimal untuk *tower crane* juga harus memperhatikan radius jangkauan *tower crane* terhadap titik *supply* dan titik *demand*, sehingga dicari titik sampel yang memiliki nilai konflik indeks minimum dan mampu menjangkau seluruh titik *supply* dan titik *demand*.

4.2.3.3 Hasil Iterasi

Setelah dilakukan iterasi didapatkan titik *tower crane* pada koordinat TC1 (19;4) dan TC2 (121;54) dengan nilai konflik indek (NC) sebesar 36, nilai keseimbangan beban kerja (σ) sebesar 3.202 jam, dan total waktu pergerakan pengait adalah 930,624 jam. Letak titik optimal untuk TC1 dan TC2 dapat dilihat pada Gambar 4.19 berikut ini:



Gambar 4.19 Titik Optimal TC 1 dan TC 2 pada Skenario 1

4.2.3.4 Perhitungan Biaya Operasional *Tower Crane*

Untuk mengetahui biaya operasional *tower crane*, berikut adalah aspek-aspek yang perlu diperhitungkan dalam pengoperasian *tower crane*,

- Biaya Mobilisasi dan Demobilisasi
Adalah biaya untuk mendatangkan *tower crane* ke lokasi dan juga untuk mengembalikan *tower crane* ke penyedia *tower*

crane. Setelah dilakukan wawancara lapangan, didapatkan biaya mobilisasi dan demobilisasi sebesar Rp 90.000.000,-. Jadi jika jumlah *tower crane* yang digunakan 2, maka total biaya untuk mobilisasi dan demobilisasi adalah sebesar Rp.180.000.000,-.

- Sewa *Tower Crane*

Biaya sewa *tower crane* diperhitungkan per bulan, sehingga jika dikonversikan menjadi per jam maka perhitungannya adalah seperti berikut:

$$= \text{Rp } 80.000.000 / \text{bulan}$$

$$= \text{Rp } 3.200.000 / \text{hari}$$

$$= \text{Rp } 400.000 / \text{jam}$$

Jadi biaya total untuk sewa *tower crane* adalah:

$$= \text{biaya sewa per jam} \times \text{total waktu} \times \text{jumlah TC}$$

$$= \text{Rp } 400.000 / \text{jam} \times 931 \text{ jam} \times 2$$

$$= \text{Rp } 744.800.000,-$$

- Biaya *Erection* dan *Dismantling*

Adalah biaya untuk mendirikan serta membongkar *tower crane* apabila proyek sudah selesai. Biaya *erection* dan *dismantling* adalah Rp 80.000.000,-. Jadi jika jumlah *tower crane* yang digunakan 2, maka total biaya untuk *erection* dan *dismantling* adalah sebesar Rp 160.000.000,-.

- Biaya Operator

Berdasarkan wawancara di lapangan dapat diketahui biaya operator *tower crane* adalah sebesar Rp 6.500.000 / bulan. Jika dikonversikan ke dalam satuan jam adalah sebagai berikut:

$$= \text{Rp } 6.500.000 / \text{bulan}$$

$$= \text{Rp } 260.000 / \text{hari}$$

$$= \text{Rp } 32.500 / \text{jam}$$

Jadi biaya total untuk operator *tower crane* adalah:

$$= \text{biaya per jam} \times \text{total waktu} \times \text{jumlah TC}$$

$$= 32.500 / \text{jam} \times 931 \text{ jam} \times 2$$

$$= \text{Rp } 60.515.000,-$$

- Biaya Listrik

Tenaga listrik untuk operasional *tower crane* didapatkan dari sumber listrik PLN. Untuk mendapatkan biaya listrik diperlukan penyesuaian tarif listrik dari PLN yang dapat dilihat pada Gambar 4.20 berikut:

NO.	GOL. TARIF	BATAS DAYA	REGULER		PIRA BAYAR (Rp/kWh)
			BIAYA BEBAN (Rp/kVA/bulan)	BIAYA PEMAKAIAN (Rp/kWh) DAN BIAYA kVAh (Rp/kVAh)	
1	R-1/TR	1.300 VA	")	1.472,72	1.472,72
2	R-1/TR	2.200 VA	")	1.472,72	1.472,72
3	R-2/TR	3.500 VA s.d. 5.500 VA	")	1.472,72	1.472,72
4	R-3/TR	6.000 VA ke atas	")	1.472,72	1.472,72
5	B-2/TR	6.000 VA s.d. 200 KVA	")	1.472,72	1.472,72
6	B-3/TM	< 400 200 KVA	")	Blok WBP = R.R. 1,341,81 Blok LWBP = 1,041,81 KVAh = 1,121,23 ****	-

Gambar 4.20 Tarif Tenaga Listrik PLN

Dari gambar di atas dapat diketahui biaya pemakaian listrik sesuai daya yang digunakan. Untuk *tower crane* jenis Zoomlion menggunakan daya sebesar 87 kW. Sehingga perhitungan biaya listrik adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya (Rp/Jam)} &= \text{Daya (kW)} \times \text{Biaya Pemakaian (Rp/kWh)} \\
 &= 87 \text{ kW} \times 1472,72 \text{ (Rp/kWh)} \\
 &= \text{Rp } 127.979,37 / \text{jam}
 \end{aligned}$$

Jadi biaya total untuk kebutuhan listrik *tower crane* adalah:

$$\begin{aligned}
 &= \text{tarif listrik} \times \text{total waktu} \times \text{jumlah TC} \\
 &= 127.979,37 / \text{jam} \times 931 \text{ jam} \times 2 \\
 &= \text{Rp } 238.297.583,22
 \end{aligned}$$

- Harga bahan bakar

Bahan bakar digunakan untuk pengoperasian genset. Genset berfungsi sebagai cadangan sumber listrik apabila terjadi pemadaman listrik oleh PLN. Pada tugas akhir ini sewa genset tidak diperhitungkan karena proyek My Tower Surabaya sudah memiliki genset sendiri. Bahan bakar yang digunakan berjenis pertamina DEX dengan harga sebesar Rp 8.200 / liter. Kebutuhan bahan bakar genset dalam sekali pengisian penuh adalah 400 liter. Diasumsikan dalam masa pekerjaan proyek pengisian bahan bakar untuk genset

dilakukan 2 kali. Sehingga perhitungan biaya bahan bakar adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{Biaya bahan bakar} &= \text{Rp } 8.200 / \text{liter} \times 400 \text{ liter} \times 2 \\ &= \text{Rp } 6.560.000, -\end{aligned}$$

- **Biaya Total**

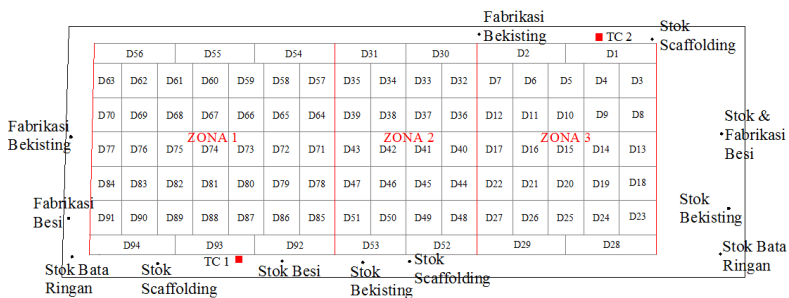
Perhitungan total kebutuhan biaya untuk operasional *tower crane* disajikan dalam Tabel 4.6 berikut ini:

Tabel 4.6 Rekapitulasi Biaya Operasional *Tower Crane* pada Skenario 1

NO	ITEM PEKERJAAN	JUMLAH	VOLUME	SATUAN	HARGA SATUAN (Rp)	TOTAL (Rp)
1	Mob & Demob	2	1	Ls	Rp 90,000,000	Rp 180,000,000
2	Sewa Alat	2	931	Jam	Rp 400,000	Rp 744,800,000
3	Erection & Dismantling	2	1	Ls	Rp 80,000,000	Rp 160,000,000
4	Operator	2	931	Jam	Rp 32,500	Rp 60,515,000
5	Listrik	2	931	Jam	Rp 127,979	Rp 238,297,587
6	Bahan Bakar	2	400	Liter	Rp 8,200	Rp 6,560,000
TOTAL						Rp1,390,172,587

4.3 Skenario 2

Dengan cara perhitungan sama seperti pada skenario 1, skenario 2 dapat di ketahui. Untuk lokasi penempatan *tower crane* dan titik *supply* dapat dilihat pada Gambar 4.21 berikut:



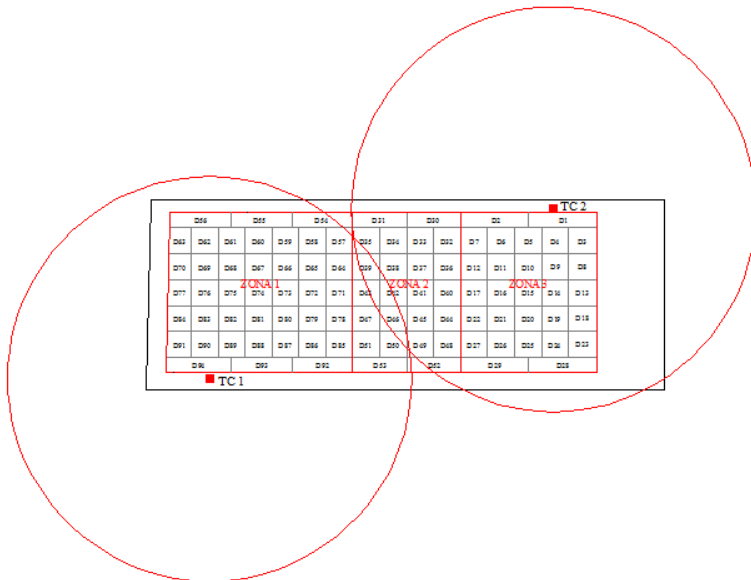
Gambar 4.21 Denah Modifikasi Titik *Supply* pada Skenario 2

Skenario 2 ini mengetahui titik optimal *tower crane* pada kondisi titik *supply* yang telah di modifikasi lokasi penempatan

dan jumlahnya tetapi radius *tower crane* yang digunakan sama seperti data yang ada di lapangan yaitu 60 m.

4.3.1 Hasil Iterasi

Setelah dilakukan iterasi didapatkan titik *tower crane* pada koordinat TC1 (19;3) dan TC2 (121;53) dengan nilai konflik indek (NC) sebesar 36, nilai keseimbangan beban kerja (σ) sebesar 2.749 jam, dan total waktu pergerakan pengait adalah 830,033 jam. Letak titik optimal untuk TC1 dan TC2 dapat dilihat pada Gambar 4.22 berikut ini:



Gambar 4.22 Titik Optimal TC 1 dan TC 2 pada Skenario 2

4.3.2 Perhitungan Biaya Operasional *Tower Crane*

Perhitungan total kebutuhan biaya untuk operasional *tower crane* disajikan dalam Tabel 4.7 berikut ini:

Tabel 4.7 Rekapitulasi Biaya Operasional *Tower Crane* pada Skenario 2

NO	ITEM PEKERJAAN	JUMLAH	VOLUME	SATUAN	HARGA SATUAN (Rp)	TOTAL (Rp)
1	Mob & Demob	2	1	Ls	Rp 90,000,000	Rp 180,000,000
2	Sewa Alat	2	830	Jam	Rp 400,000	Rp 664,000,000
3	<i>Erection & Dismantling</i>	2	1	Ls	Rp 80,000,000	Rp 160,000,000
4	Operator	2	830	Jam	Rp 32,500	Rp 53,950,000
5	Listrik	2	830	Jam	Rp 127,979	Rp 212,445,754
6	Bahan Bakar	2	400	Liter	Rp 8,200	Rp 6,560,000
TOTAL						Rp1.276,955,754

4.4 Skenario 3

Dengan cara yang sama seperti skenario 1 di atas, skenario 3 dapat di ketahui. Untuk lokasi penempatan *tower crane* dan titik *supply* dapat dilihat pada Gambar 4.23 berikut:



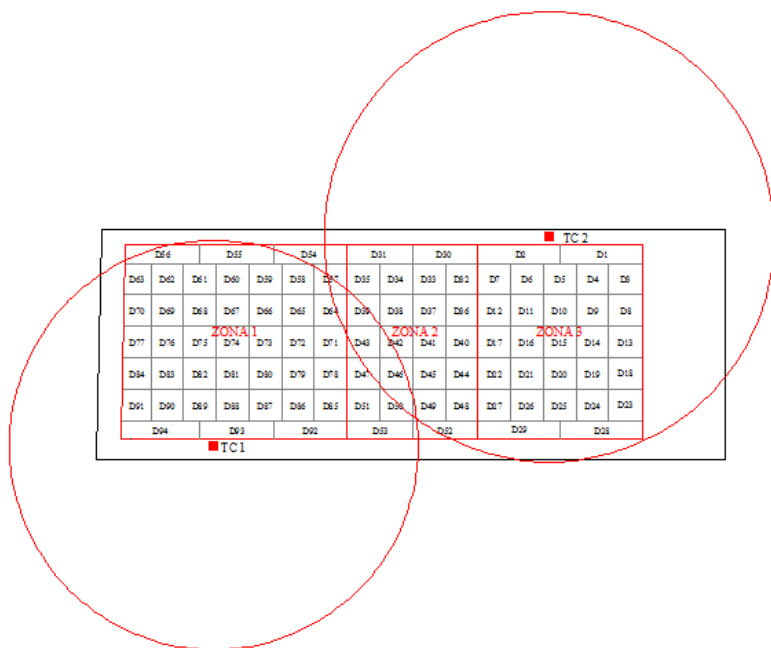
Gambar 4.23 Denah Modifikasi Titik *Supply* pada Skenario 3

Dalam skenario ke 3, menghitung titik optimal *tower crane* menggunakan data denah titik *Supply* yang sudah dimodifikasi penempatannya dan menggunakan spesifikasi *tower crane* dengan radius yang telah diperkecil. Besar radius untuk TC 1 adalah 50 m dan untuk TC2 adalah 55 m.

4.4.1 Hasil Iterasi

Setelah dilakukan iterasi didapatkan titik *tower crane* pada koordinat TC1 (29;4) dan TC2 (111;54) dengan nilai konflik indek (NC) sebesar 6, nilai keseimbangan beban kerja (σ) sebesar

2.249 jam, dan total waktu pergerakan pengait adalah 811,262 jam. Letak titik optimal untuk TC1 dan TC2 dapat dilihat pada Gambar 4.24 berikut ini:



Tabel 4.8 Rekapitulasi Biaya Operasional *Tower Crane* pada Skenario 3

NO	ITEM PEKERJAAN	JUMLAH	VOLUME	SATUAN	HARGA SATUAN (Rp)	TOTAL (Rp)
1	Mob & Demob	2	1	Ls	Rp 90,000,000	Rp 180,000,000
2	Sewa Alat	2	812	Jam	Rp 400,000	Rp 649,600,000
3	<i>Erection & Dismantling</i>	2	1	Ls	Rp 80,000,000	Rp 160,000,000
4	Operator	2	812	Jam	Rp 32,500	Rp 52,780,000
5	Listrik	2	812	Jam	Rp 127,979	Rp 207,838,497
6	Bahan Bakar	2	400	Liter	Rp 8,200	Rp 6,560,000
TOTAL						Rp1,256,778,497

4.5 Analisa Hasil Perhitungan

Setelah dilakukan analisa perhitungan untuk mencari titik optimal untuk penempatan *tower crane* yang berdasarkan nilai konflik indeks (NC) dan keseimbangan beban kerja (σ) terkecil dari setiap skenario, maka langkah selanjutnya adalah melakukan perbandingan nilai konflik indeks (NC) dan keseimbangan beban kerja (σ) terkecil serta biaya operasional dari ketiga skenario tersebut. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut ini:

Tabel 4.9 Rekapitulasi Hasil Perhitungan

Skenario	NC	σ (jam)	Biaya
1	36	3.202	Rp1,390,172,587
2	36	2.749	Rp 1,276,955,754
3	6	2.249	Rp 1,256,778,497

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Proyek pembangunan My Tower Surabaya memiliki bentuk lantai yang cukup luas sehingga dibutuhkan 2 buah *tower crane* dengan radius yang besar dan banyak titik *supply* untuk mencukupi kebutuhan material seluruh proyek. Dengan besarnya radius pada masing-masing *tower crane* menyebabkan konflik antar *tower crane* menjadi besar. Setelah dilakukan penelitian yang bertujuan untuk mencari titik optimal pada *tower crane* bahwa dengan memindahkan dan mengefisiensi jumlah titik *supply* serta memindahkan dan memperkecil radius *tower crane* dapat membuat waktu pengangkutan lebih cepat dan tentunya membuat biaya operasional *tower crane* menjadi lebih kecil.

Dari perhitungan 3 skenario yang telah direncanakan sebelumnya, maka didapatkan hasil sebagai berikut:

- Skenario 1
Titik optimal *group tower crane* berada pada koordinat TC1 (19 ; 4) dan TC 2 (121 ; 54), nilai konflik indek (NC) sebesar 36, keseimbangan beban kerja antar *tower crane* (σ) 3.202 jam
- Skenario 2
Titik optimal *group tower crane* berada pada koordinat TC1 (19 ; 3) dan TC 2 (121 ; 53), nilai konflik indek (NC) sebesar 36, keseimbangan beban kerja antar *tower crane* (σ) 2.749 jam
- Skenario 3
Titik optimal *group tower crane* berada pada koordinat TC1 (34 ; 4) dan TC 2 (111 ; 54), nilai konflik indek (NC) sebesar 6, keseimbangan beban kerja antar *tower crane* (σ) 2.249 jam.

Jadi dari hasil ketiga skenario perhitungan tersebut dapat disimpulkan bahwa skenario 3 adalah yang paling optimal, karena memiliki nilai nilai konflik indek (NC) dan keseimbangan beban

kerja antar *tower crane* (σ) terendah dari skenario lainnya, serta dengan biaya operasional sebesar Rp 1.256.778.497, -.

5.2 Saran

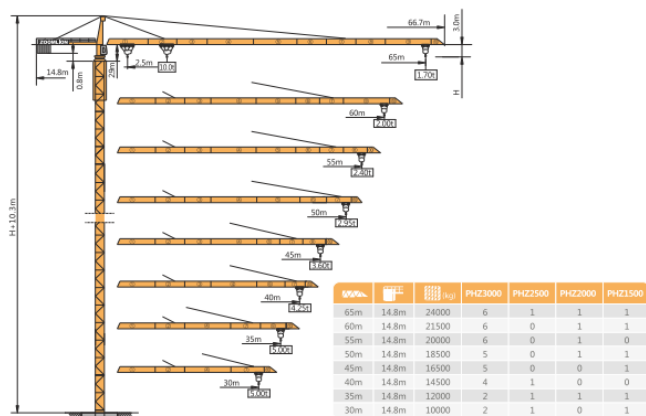
Untuk menyempurnakan penelitian ini pada penelitian selanjutnya maka disarankan untuk menambahkan skenario dalam mencari lokasi yang optimal untuk *tower crane* agar penentuan titik yang optimal bisa lebih maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Danar, R.B.D. (2004). *Optimasi Lokasi Untuk Group Tower Crane Pada Proyek Kelapa Gading Mall Jakarta*. Tugas Akhir, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Rahman, Sofyan (2012). *Optimasi Lokasi Untuk Group Tower Crane Pada Proyek Apartemen Guna Wangsa Surabaya*. Tugas Akhir, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Rostiyanti, Susy Fatena (2008). *Alat Berat untuk Proyek Konstruksi*. Rineka Cipta, Jakarta.
- Sebt, M. H, Karan, E. P, Delavar. M. R. (2008). *Potential Application of GIS to Layout of Construction Temporary Facilities*. International Journal of Civil Engineering, Vol.6, No.4, December 2008.
- Tam and Arthur W.T. Leung. (2008). *Genetic Algorithm Modeling Aided with 3D Visualization in Optimizing Construction Site Facility Layout International*. Department of Building & Construction and Division of Building Science and Technology, City University of Hong Kong.
- Wilopo, Djoko (2009). *Metode Konstruksi dan Alat-Alat Berat*. UI Press, Jakarta

“Halaman ini sengaja dikosongkan”










TC6517B-10/10E Hammer-head Tower Crane



83

TC6517B-10/10E Hammer-head Tower Crane

TC6517B-10/10E
Mechanisms

 Hoisting	Configuration					kW		
		IV	V	IV	V			
	QE10100E2	m/min	50	100	25	50	60/60	540m□(6 layers)
		t	5	2.5	10	5		
 Slewing	HVV95F1.130 HVV95F2.130	r/min	0~0.6				2×95 N.m	 Consult us if overtop
 Trolleying	BP55B	m/min	0~55				5.5	
 Travelling	ZA52-D BS2-D	m/min	0~25				2×5.2	
	380V(±10%)50Hz	76.5×2×5.2 (kW)						

87

Matriks Aksesibilitas Skenario 1 (Sebelum Iterasi)

[illegible][illegible][illegible][illegible][illegible][illegible][illegible][illegible][illegible][illegible][illegible][illegible]

[illegible]

Task	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	274	275	276	277	278	279	280
TC1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TC2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1

Task	281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299	300
TC1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TC2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0

[illegible][illegible]

Matriks Aksesibilitas Skenario 1 (Setelah Iterasi

[illegible][illegible][illegible][illegible][illegible][illegible]

Task	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140
TC1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
TC2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Task	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160
TC1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TC2	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0

[illegible][illegible][illegible][illegible]

Matriks Aksesibilitas Skenario 2 (Sebelum Iterasi)

Task	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
TC1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TC2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Task	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
TC1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
TC2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Task	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
TC1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TC2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Task	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
TC1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1
TC2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Task	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
TC1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TC2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Task	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120
TC1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
TC2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Task	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140
TC1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
TC2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Task	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160
TC1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TC2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1

Task	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180
TC1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TC2	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Task	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200
TC1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TC2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Task	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220
TC1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TC2	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Task	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240
TC1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TC2	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0

Matriks Aksesibilitas Skenario 2 (Setelah Iterasi)

[illegible][illegible][illegible][illegible][illegible][illegible][illegible]

Task	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160
TC1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TC2	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0

[illegible][illegible][illegible][illegible]

Matriks Aksesibilitas Skenario 3 (Sebelum Iterasi)

[illegible][illegible][illegible][illegible][illegible][illegible][illegible]

Task	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160
TC1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TC2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0

[illegible][illegible][illegible][illegible]

Matriks Aksesibilitas Skenario 3 (Setelah Iterasi

[illegible][illegible][illegible][illegible][illegible][illegible][illegible]

Task	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160
TC1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TC2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0

[illegible][illegible][illegible][illegible]

Task	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260
TC1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
TC2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0

[illegible][illegible]

Tabel Waktu Perjalanan Pengait dan Keseimbangan Beban Kerja
pada Skenario 1 (Sebelum Iterasi)

Lantai	Elevasi	Waktu Perjalanan Pengait (jam)			σ (jam)
		TC1	TC2	Total	
1	0.00	30.217	23.95	54.167	3.133
2	4.80	30.69	24.322	55.012	3.184
3	10.10	31.212	24.733	55.945	3.239
4	15.10	31.704	25.12	56.824	3.292
5	20.20	32.207	25.516	57.723	3.346
6	25.20	21.52	15.941	37.461	2.789
7	28.55	21.737	16.102	37.839	2.818
8	31.90	21.955	16.262	38.217	2.846
9	35.25	22.173	16.423	38.596	2.875
10	38.60	22.391	16.584	38.975	2.903
11	41.95	22.608	16.745	39.353	2.932
12	45.30	22.826	16.906	39.732	2.96
13	48.65	23.044	17.066	40.11	2.989
14	52.00	23.262	17.227	40.489	3.017
15	55.35	23.479	17.388	40.867	3.046
16	58.70	23.697	17.549	41.246	3.074
17	62.05	23.915	17.71	41.625	3.103
18	65.40	24.133	17.87	42.003	3.131
19	68.75	24.350	18.031	42.381	3.16
20	72.10	24.568	18.192	42.76	3.188
21	75.45	24.786	18.353	43.139	3.216
Jumlah				924.464	64.241
Rata-rata					3.059

Tabel Waktu Perjalanan Pengait dan Keseimbangan Beban Kerja
pada Skenario 1 (Setelah Iterasi)

Lantai	Elevasi	Waktu Perjalanan Pengait (jam)			σ (jam)
		TC1	TC2	Total	
1	0.00	30.217	23.95	54.167	3.133
2	4.80	30.69	24.322	55.012	3.184
3	10.10	31.212	24.733	55.945	3.239
4	15.10	31.704	25.12	56.824	3.292
5	20.20	32.895	25.516	58.411	3.69
6	25.20	21.851	15.941	37.792	2.955
7	28.55	22.068	16.102	38.17	2.983
8	31.90	22.286	16.262	38.548	3.012
9	35.25	22.504	16.423	38.927	3.04
10	38.60	22.722	16.584	39.306	3.069
11	41.95	22.939	16.745	39.684	3.097
12	45.30	23.157	16.906	40.063	3.126
13	48.65	23.375	17.066	40.441	3.154
14	52.00	23.593	17.227	40.82	3.183
15	55.35	23.81	17.388	41.198	3.211
16	58.70	24.028	17.549	41.577	3.24
17	62.05	24.246	17.71	41.956	3.268
18	65.40	24.64	17.87	42.51	3.297
19	68.75	24.681	18.031	42.712	3.325
20	72.10	24.899	18.192	43.091	3.354
21	75.45	25.117	18.353	43.47	3.382
Jumlah				930.624	67.234
Rata-rata					3.202

Tabel Waktu Perjalanan Pengait dan Keseimbangan Beban Kerja
pada Skenario 2 (Sebelum Iterasi)

Lantai	Elevasi	Waktu Perjalanan Pengait (jam)			σ (jam)
		TC1	TC2	Total	
1	0.00	26.08	20.673	46.753	2.704
2	4.80	26.643	21.116	47.759	2.764
3	10.10	27.265	21.605	48.870	2.83
4	15.10	27.851	22.066	49.917	2.892
5	20.20	28.449	22.537	50.986	2.956
6	25.20	19.082	14.142	33.224	2.470
7	28.55	19.341	14.333	33.674	2.504
8	31.90	19.6	14.525	34.125	2.538
9	35.25	19.859	14.716	34.575	2.572
10	38.60	20.119	14.908	35.027	2.605
11	41.95	20.379	15.099	35.478	2.639
12	45.30	20.637	15.291	35.928	2.673
13	48.65	20.896	15.482	36.378	2.707
14	52.00	21.156	15.673	36.829	2.741
15	55.35	21.415	15.865	37.280	2.775
16	58.70	21.674	16.056	37.730	2.809
17	62.05	21.933	16.248	38.181	2.843
18	65.40	22.192	16.439	38.631	2.877
19	68.75	22.542	16.631	39.173	2.911
20	72.10	22.711	16.822	39.533	2.944
21	75.45	22.970	17.013	39.983	2.978
Jumlah				830.034	57.732
Rata-rata					2.749

Tabel Waktu Perjalanan Pengait dan Keseimbangan Beban Kerja
pada Skenario 2 (Setelah Iterasi)

Lantai	Elevasi	Waktu Perjalanan Pengait (jam)			σ (jam)
		TC1	TC2	Total	
1	0.00	26.08	20.673	46.753	2.704
2	4.80	26.643	21.116	47.759	2.764
3	10.10	27.265	21.605	48.870	2.83
4	15.10	27.851	22.066	49.917	2.892
5	20.20	28.449	22.537	50.986	2.956
6	25.20	19.082	14.142	33.224	2.47
7	28.55	19.341	14.333	33.674	2.504
8	31.90	19.6	14.525	34.125	2.538
9	35.25	19.859	14.716	34.575	2.572
10	38.60	20.119	14.908	35.027	2.605
11	41.95	20.378	15.099	35.477	2.639
12	45.30	20.637	15.291	35.928	2.673
13	48.65	20.896	15.482	36.378	2.707
14	52.00	21.156	15.673	36.829	2.741
15	55.35	21.415	15.865	37.280	2.775
16	58.70	21.674	16.056	37.730	2.809
17	62.05	21.933	16.248	38.181	2.843
18	65.40	22.192	16.439	38.631	2.877
19	68.75	22.542	16.631	39.173	2.911
20	72.10	22.711	16.822	39.533	2.944
21	75.45	22.970	17.013	39.983	2.978
Jumlah				830.033	57.732
Rata-rata					2.749

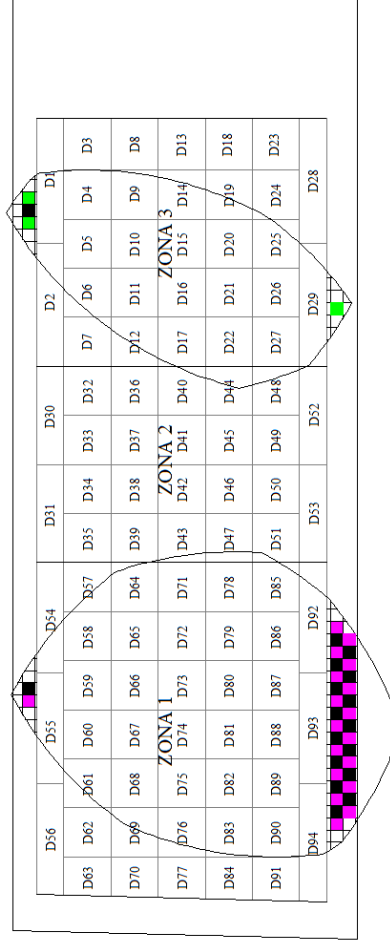
Tabel Waktu Perjalanan Pengait dan Keseimbangan Beban Kerja
pada Skenario 3 (Sebelum Iterasi)

Lantai	Elevasi	Waktu Perjalanan Pengait (jam)			σ (jam)
		TC1	TC2	Total	
1	0.00	20.876	21.292	42.168	0.208
2	4.80	21.327	21.749	43.076	0.211
3	10.10	21.826	22.254	44.08	0.214
4	15.10	22.296	22.73	45.026	0.217
5	20.20	22.776	23.216	45.992	0.22
6	25.20	19.39	14.141	33.531	2.624
7	28.55	19.653	14.333	33.986	2.660
8	31.90	19.916	14.524	34.44	2.696
9	35.25	20.179	14.716	34.895	2.732
10	38.60	20.443	14.907	35.35	2.768
11	41.95	20.706	15.098	35.804	2.804
12	45.30	20.696	15.29	35.986	2.840
13	48.65	21.232	15.481	36.713	2.876
14	52.00	21.496	15.673	37.169	2.911
15	55.35	21.759	15.864	37.623	2.947
16	58.70	22.022	16.056	38.078	2.983
17	62.05	22.285	16.247	38.532	3.019
18	65.40	22.548	16.438	38.986	3.055
19	68.75	22.812	16.63	39.442	3.091
20	72.10	23.075	16.821	39.896	3.127
21	75.45	23.338	17.013	40.351	3.163
Jumlah				811.124	47.366
Rata-rata					2.256

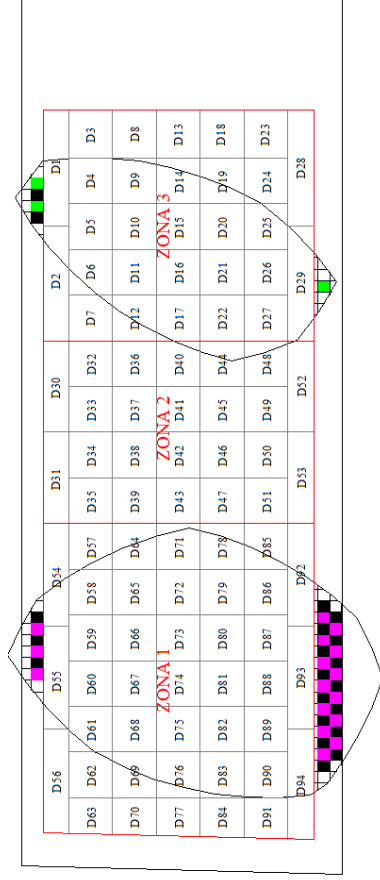
Tabel Waktu Perjalanan Pengait dan Keseimbangan Beban Kerja
pada Skenario 3 (Setelah Iterasi)

Lantai	Elevasi	Waktu (jam)			σ (jam)
		TC1	TC2	Total	
1	0.00	20.916	21.266	42.182	0.175
2	4.80	21.367	21.723	43.09	0.178
3	10.10	21.866	22.228	44.094	0.181
4	15.10	22.336	22.704	45.04	0.184
5	20.20	22.816	23.189	46.005	0.187
6	25.20	19.385	14.133	33.518	2.626
7	28.55	19.648	14.325	33.973	2.662
8	31.90	19.912	14.516	34.428	2.698
9	35.25	20.175	14.708	34.883	2.734
10	38.60	20.438	14.899	35.337	2.769
11	41.95	20.701	15.09	35.791	2.805
12	45.30	20.964	15.282	36.246	2.841
13	48.65	21.228	15.473	36.701	2.877
14	52.00	21.491	15.665	37.156	2.913
15	55.35	21.754	15.856	37.61	2.949
16	58.70	22.017	16.048	38.065	2.985
17	62.05	22.28	16.239	38.519	3.021
18	65.40	22.544	16.43	38.974	3.057
19	68.75	22.807	16.622	39.429	3.093
20	72.10	23.07	16.813	39.883	3.128
21	75.45	23.333	17.005	40.338	3.164
Jumlah				811.262	47.227
Rata-rata					2.249

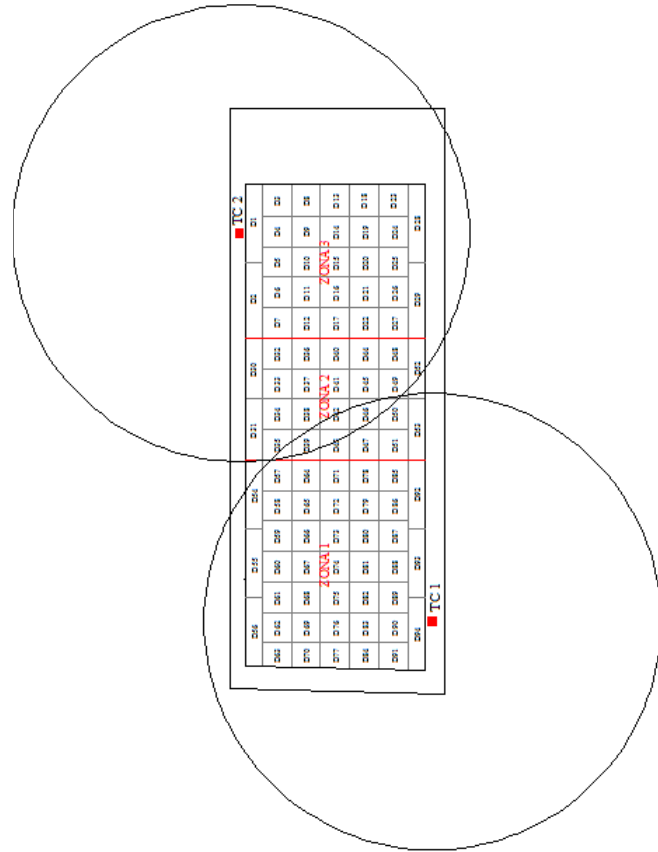
Gambar Feasible Task Area dan Iterasi pada Skenario 1



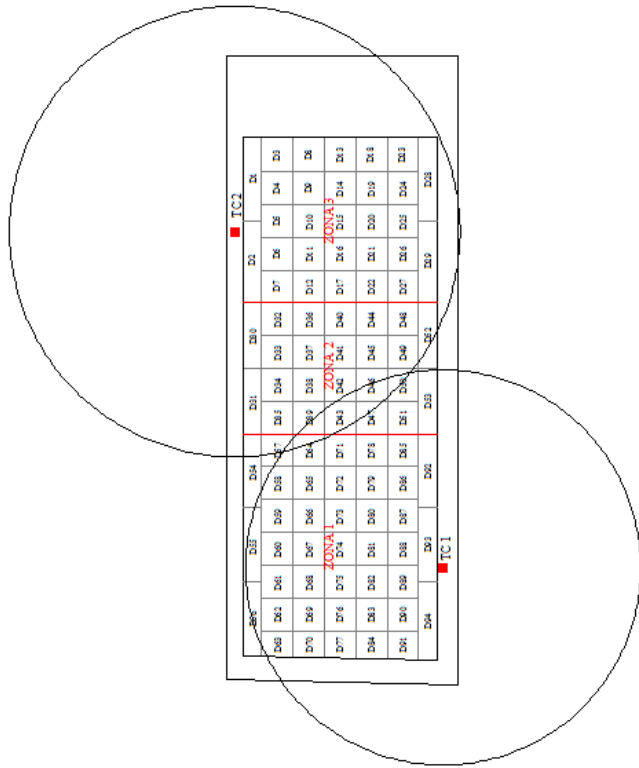
Gambar Feasible Task Area dan Iterasi pada Skenario 2



Gambar Lokasi Tower Crane Setelah Iterasi pada Skenario 2



Gambar Lokasi Tower Crane Setelah Iterasi pada Skenario 3



Koordinat Titik *Supply* pada Skenario 1

Titik <i>Supply</i>	Koordinat		
	X	Y	Z
S1	148	32	0
S2	133	53	0
S3	96	53	0
S4	148	17	0
S5	78	54	0
S6	148	5	0
S7	24	3	0
S8	12	3	0
S9	3	20	0
S10	39	54	0
S11	49	3	0
S12	68	3	0
S13	2	36	0

Lokasi Titik *Supply* pada Skenario 2

Titik <i>Supply</i>	Koordinat		
	X	Y	Z
S1	148	32	0
S2	133	53	0
S3	150	15	0
S4	94	54	0
S5	148	5	0
S6	72	3	0
S7	83	3	0
S8	94	3	0
S9	15	3	0
S10	2	15	0
S11	54	3	0
S12	2	39	0

Lokasi Titik *Supply* pada Skenario 3

Titik <i>Supply</i>	Koordinat		
	X	Y	Z
S1	148	32	0
S2	133	54	0
S3	150	15	0
S4	94	54	0
S5	141	54	0
S6	64	3	0
S7	71	3	0
S8	79	3	0
S9	15	3	0
S10	2	15	0
S11	54	3	0
S12	2	39	0

Tabel Koordinat Titik *Demand*

Titik Demand	Koordinat	
	X	Y
D1	124	50
D2	103	50
D3	130	44
D4	121	44
D5	113	44
D6	105	44
D7	97	44
D8	130	36
D9	121	36
D10	113	36
D11	105	36
D12	97	36
D13	130	29
D14	121	29
D15	113	29
D16	105	29
D17	97	29
D18	130	21
D19	121	21
D20	113	21
D21	105	21
D22	97	21
D23	130	13
D24	121	13
D25	113	13

Titik Demand	Koordinat	
	X	Y
D26	105	13
D27	97	13
D28	124	7
D29	103	7
D30	85	50
D31	69	50
D32	89	44
D33	81	44
D34	73	44
D35	65	44
D36	89	36
D37	81	36
D38	73	36
D39	65	36
D40	89	29
D41	81	29
D42	73	29
D43	65	29
D44	89	21
D45	81	21
D46	73	21
D47	65	21
D48	89	13
D49	81	13
D50	73	13

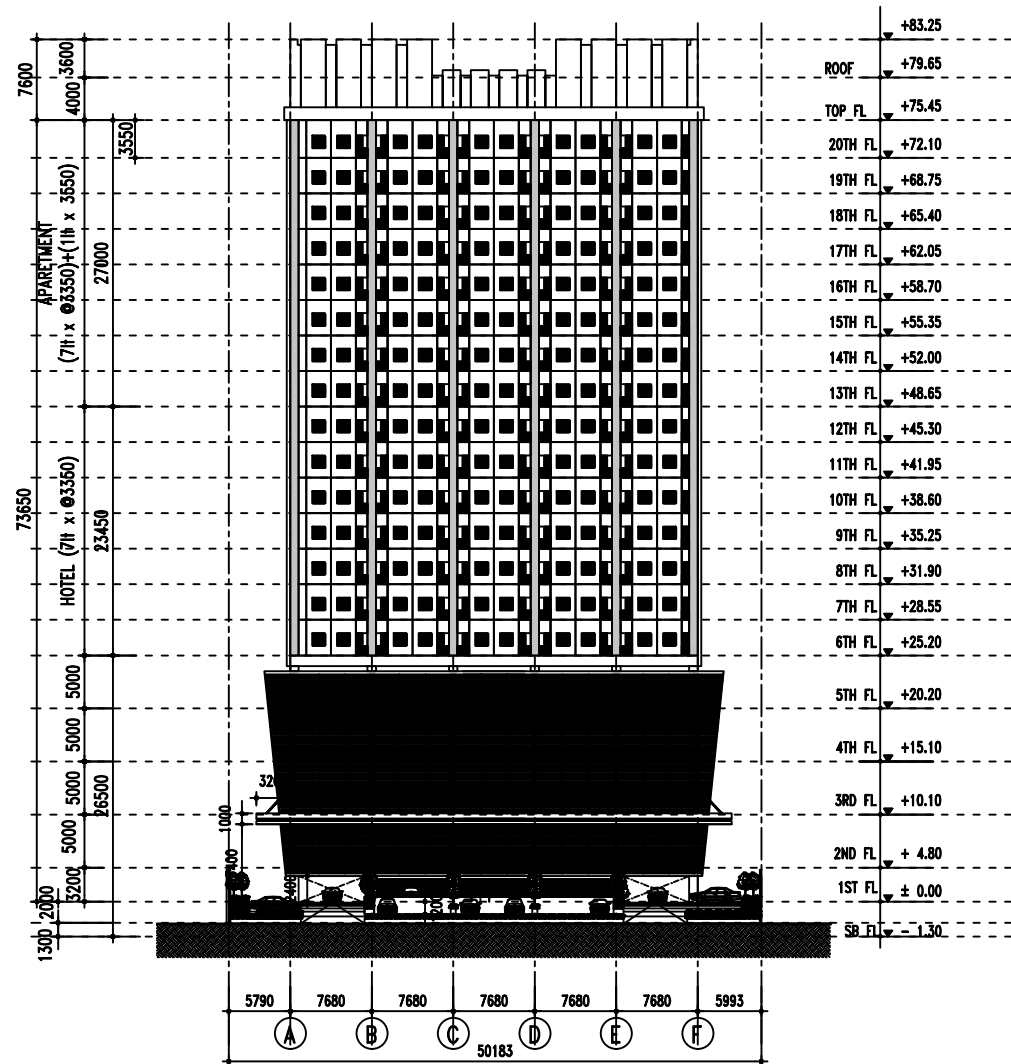
Titik Demand	Koordinat	
	X	Y
D51	65	13
D52	85	7
D53	69	7
D54	52	50
D55	34	50
D56	16	50
D57	57	44
D58	49	44
D59	41	44
D60	33	44
D61	25	44
D62	17	44
D63	10	44
D64	57	36
D65	49	36
D66	41	36
D67	33	36
D68	25	36
D69	17	36
D70	10	36
D71	57	29
D72	49	29
D73	41	29
D74	33	29
D75	25	29

Titik Demand	Koordinat	
	X	Y
D76	17	29
D77	10	29
D78	57	21
D79	49	21
D80	41	21
D81	33	21
D82	25	21
D83	17	21
D84	10	21
D85	57	13
D86	49	13
D87	41	13
D88	33	13
D89	25	13
D90	17	13
D91	10	13
D92	52	7
D93	34	7
D94	16	7

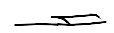
Rekapitulasi Hasil Skenario

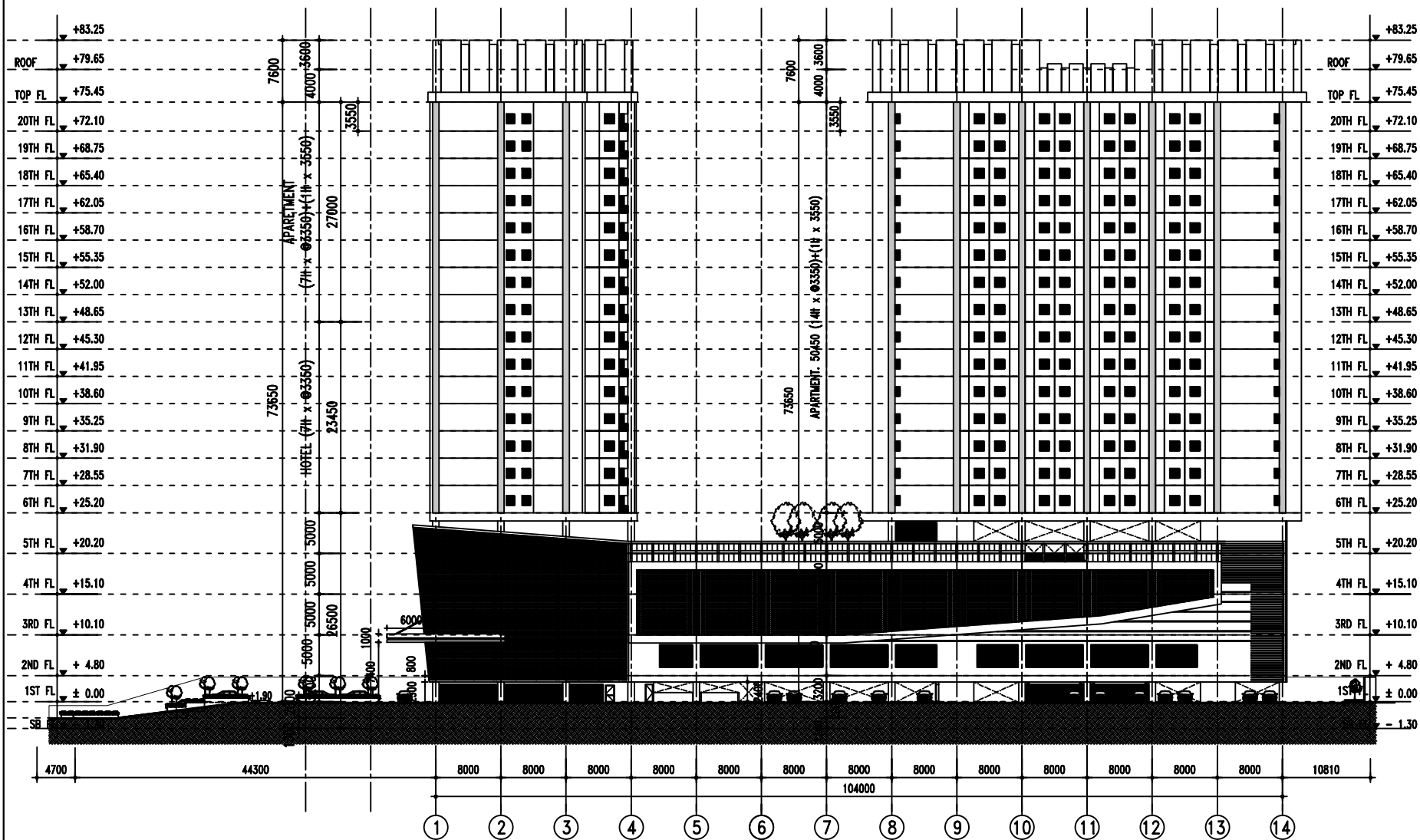
	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3
TC1	19;4	19 ; 3	29 ; 4
TC2	121;54	121 ; 53	111 ; 54
σ	3,202	2,749 ($\Delta=14,15\%$)	2,249 ($\Delta=29,76\%$)
NC	36	36 ($\Delta=0,00\%$)	6 ($\Delta=83,33\%$)

- Skenario 1, didapatkan letak *tower crane* untuk TC1 berada pada koordinat (19;4) dan TC2 pada koordinat (121;54) dengan nilai keseimbangan beban kerja (σ) sebesar 3,202 dan nilai konflik indeks sebesar 36. Skenario 1 menjadi acuan dalam menentukan nilai efisiensi *tower crane* karena pada skenario ini merupakan perencanaan awal penempatan *tower crane* yang sesuai dengan kondisi di lapangan.
- Skenario 2, didapatkan letak *tower crane* untuk TC1 berada pada koordinat (19;3) dan TC2 pada koordinat (121;53) dengan nilai keseimbangan beban kerja (σ) sebesar 2,749 dan nilai konflik indeks sebesar 36.
- Skenario 3, didapatkan letak *tower crane* untuk TC1 berada pada koordinat (29;4) dan TC2 pada koordinat (111;54) dengan nilai keseimbangan beban kerja (σ) sebesar 2,249 dan efisiensi keseimbangan beban kerja (σ) terhadap skenario 1 sebesar 29,76%, sedangkan nilai konflik indeks (NC) sebesar 36 dan efisiensi konflik indeks (NC) terhadap skenario 1 sebesar 83,33%.



NORTH ELEVATION
SCALE 1 : 250

KETERANGAN	
- REV, 10 AGUSTUS 2015 - REV, 18 AGUSTUS 2015 - REV, 21 AGUSTUS 2015 - REV, 28 AGUSTUS 2015 - REV, 16 SEPTEMBER 2015 - REV, 25 SEPTEMBER 2015 - REV, 1 FEBRUARI 2016	
<div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 10px; text-align: center;"> (KOREKSI DARI OWNER) </div>	
NAMA PROYEK	
MY TOWER (APARTMENT & HOTEL SIER)	
LOKASI	
JL. RUNGKUT INDUSTRI NO. 4 KEL. KUTISARI KEC. TENGGILIS MEJOYO SURABAYA	
PENANGGUNG JAWAB	
PERENCANA	
PENGAWAS / PELAKSANA	
SHINTA WAHYU GONDOSISWANTO PEMILIK	
KETERANGAN	
BANGUNAN AKAN DILAKSANAKAN SESUAI GAMBAR	
<div style="text-align: center;">  SHINTA WAHYU GONDOSISWANTO PELAKSANA/PEMILIK BANGUNAN </div>	
JUDUL GAMBAR	SKALA
NORTH ELEVATION	1 : 250
KODE GAMBAR	
ARS	
NO LEMBAR	JUML LEMBAR
1201	



WEST ELEVATION
SCALE 1 : 250

KETERANGAN

- REV, 10 AGUSTUS 2015
- REV, 18 AGUSTUS 2015
- REV, 21 AGUSTUS 2015
- REV, 28 AGUSTUS 2015
- REV, 16 SEPTEMBER 2015
- REV, 25 SEPTEMBER 2015
- REV, 1 FEBRUARI 2016

(KOREKSI
DARI
OWNER)

NAMA PROYEK

MY TOWER
(APARTMENT & HOTEL SIER)

LOKASI

JL. RUNGKUT INDUSTRI NO. 4
KEL. KUTISARI
KEC. TENGGILIS MEJOYO
SURABAYA

PENANGGUNG JAWAB

PERENCANA	
PENGAWAS / PELAKSANA	
SHINTA WAHYU GONDOSISWANTO PEMILIK	

KETERANGAN

BANGUNAN AKAN DILAKSANAKAN SESUAI
GAMBAR

SHINTA WAHYU GONDOSISWANTO
PELAKSANA/PEMILIK BANGUNAN

JUDUL GAMBAR SKALA

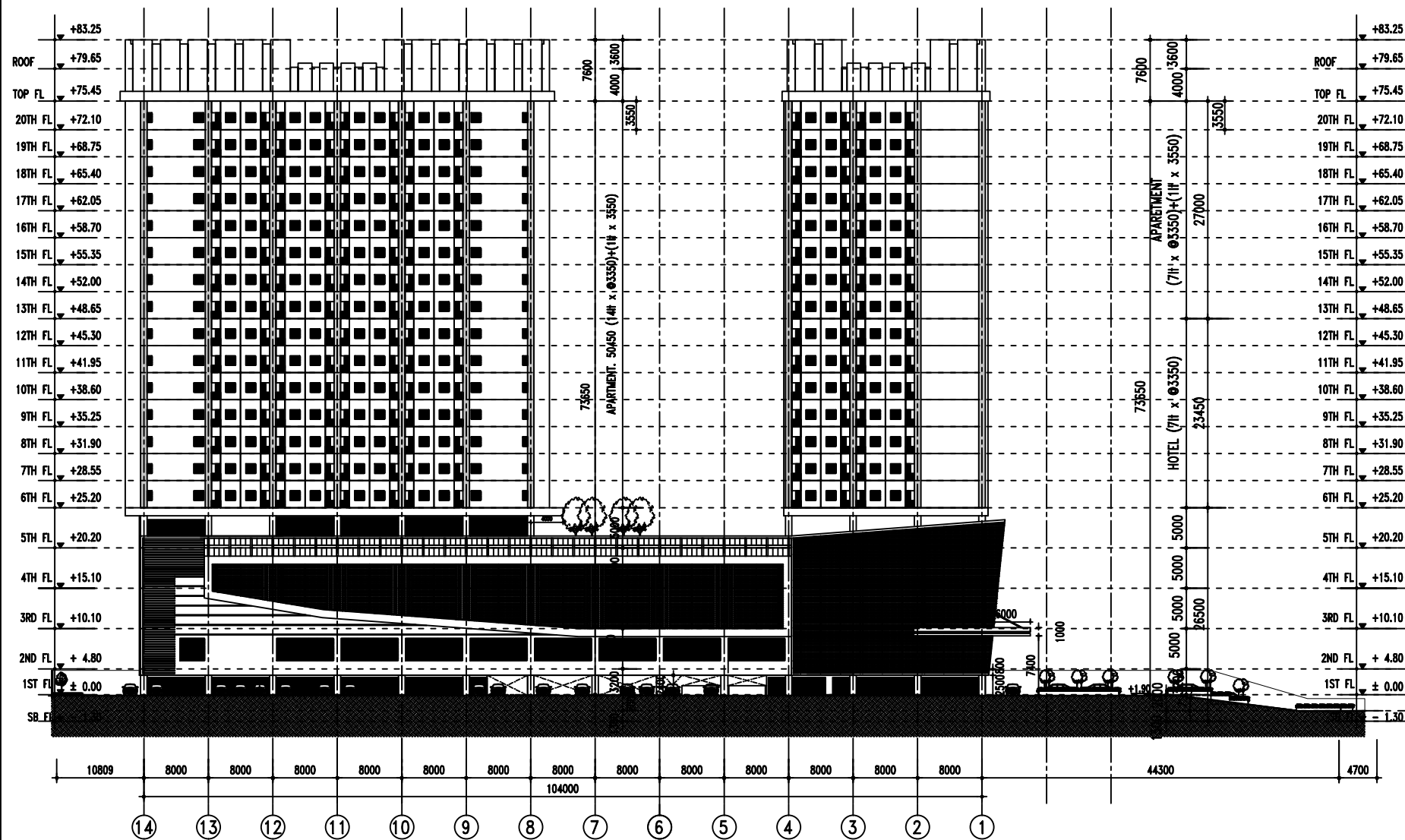
WEST ELEVATION	1 : 250
----------------	---------

KODE GAMBAR

ARS

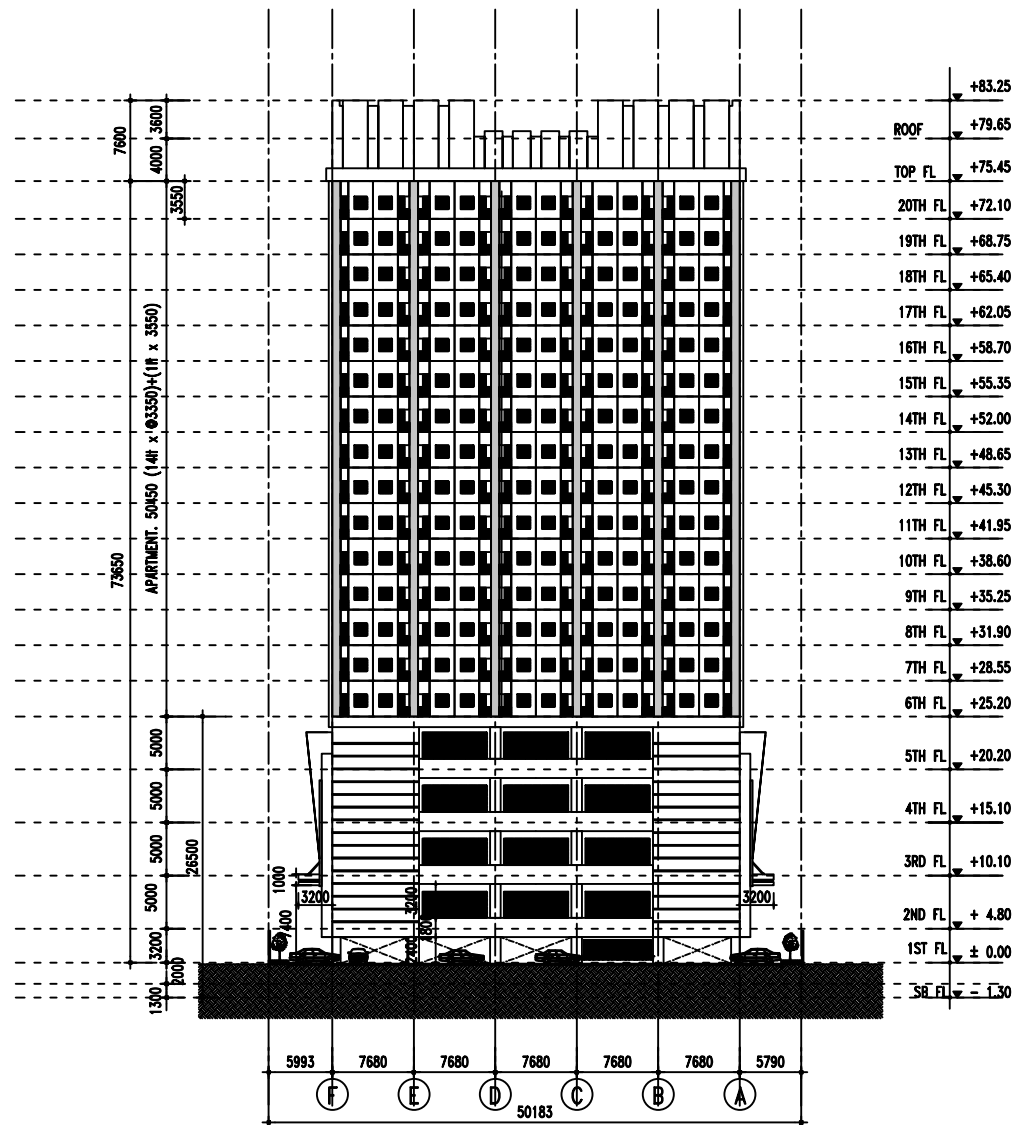
NO LEMBAR JUML LEMBAR

1203

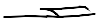


EAST ELEVATION
SCALE 1 : 250

KETERANGAN	
- REV, 10 AGUSTUS 2015 - REV, 18 AGUSTUS 2015 - REV, 21 AGUSTUS 2015 - REV, 28 AGUSTUS 2015 - REV, 16 SEPTEMBER 2015 - REV, 25 SEPTEMBER 2015 - REV, 1 FEBRUARI 2016	
<div> <div></div> <div>KOREKSI</div> <div>DARI</div> <div>OWNER</div> </div>	
NAMA PROYEK	
MY TOWER (APARTMENT & HOTEL SIER)	
LOKASI	
JL. RUNGKUT INDUSTRI NO. 4 KEL. KUTISARI KEC. TENGGLIS MEJOYO SURABAYA	
PENANGGUNG JAWAB	
PERENCANA	
PENGAWAS / PELAKSANA	
SHINTA WAHYU GONDOSISWANTO PEMILIK	
KETERANGAN	
BANGUNAN AKAN DILAKSANAKAN SESUAI GAMBAR	
SHINTA WAHYU GONDOSISWANTO PELAKSANA/PEMILIK BANGUNAN	
JUDUL GAMBAR	SKALA
EAST ELEVATION	1 : 250
KODE GAMBAR	
ARS	
NO LEMBAR	JUML LEMBAR
1202	



SOUTH ELEVATION
SCALE 1 : 250

KETERANGAN	
- REV, 10 AGUSTUS 2015 - REV, 18 AGUSTUS 2015 - REV, 21 AGUSTUS 2015 - REV, 28 AGUSTUS 2015 - REV, 16 SEPTEMBER 2015 - REV, 25 SEPTEMBER 2015 - REV, 1 FEBRUARI 2016	
<div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 10px; text-align: center;"> (KOREKSI DARI OWNER) </div>	
NAMA PROYEK	
MY TOWER (APARTMENT & HOTEL SIER)	
LOKASI	
JL. RUNGKUT INDUSTRI NO. 4 KEL. KUTISARI KEC. TENGGILIS MEJOYO SURABAYA	
PENANGGUNG JAWAB	
PERENCANA	
PENGAWAS / PELAKSANA	
SHINTA WAHYU GONDOSISWANTO PEMILIK	
KETERANGAN	
BANGUNAN AKAN DILAKSANAKAN SESUAI GAMBAR	
<div style="text-align: center;">  SHINTA WAHYU GONDOSISWANTO PELAKSANA/PEMILIK BANGUNAN </div>	
JUDUL GAMBAR	SKALA
SOUTH ELEVATION	1 : 250
KODE GAMBAR	
ARS	
NO LEMBAR	JUML LEMBAR
1204	

KODE BALOK	DIMENSI
G1/B1/CL1	400 x 700
G2/B2/CL2	400 x 500
G3/B3/CL3	300 x 700
G4/B4/CL4	250 x 500

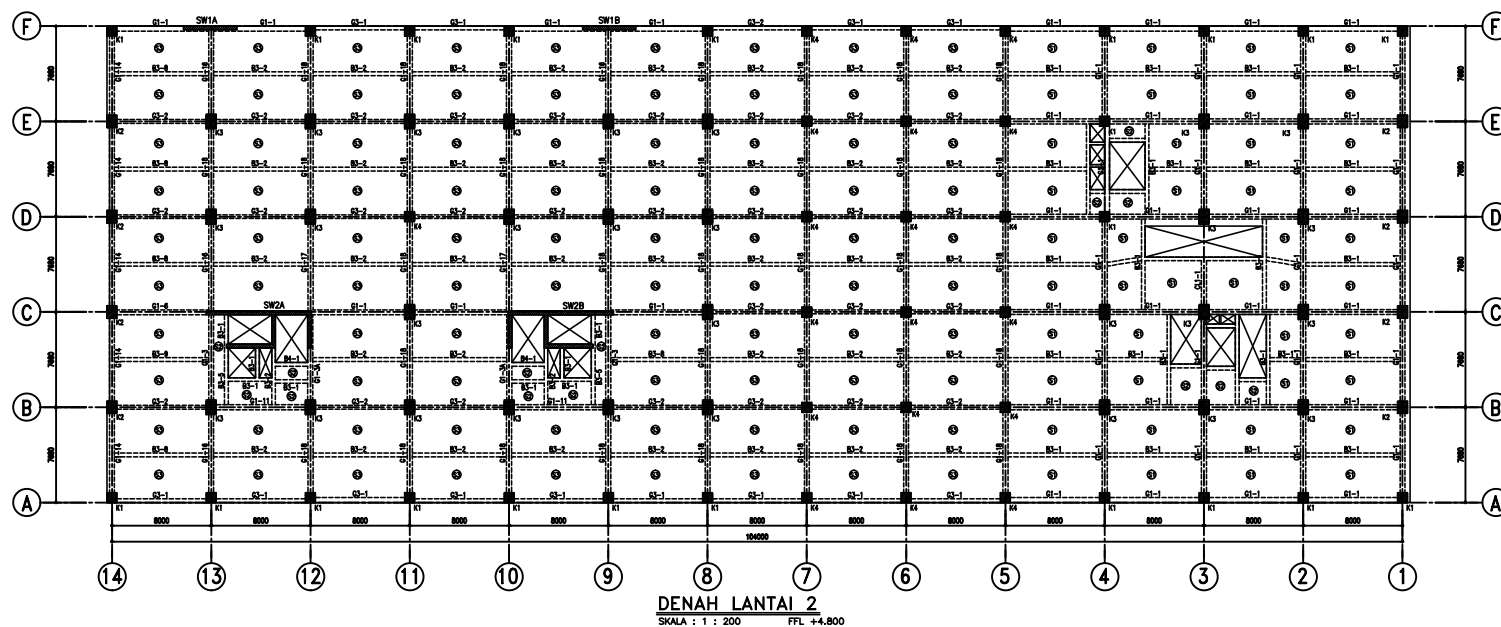


DIGAMBAR	PERENCANA	DIPERIKSA	DISETUIJI
DRAFTER	DESIGNER	JOB CAPTAIN	OWNER
TANGGAL	NO. GAMBAR	NO. LEMBAR	JUMLAH LBR
DATE	DRAWING NO.	SHEET NO.	TOTAL
05/11/15	S	102A	

KOLOM		
LANTAI	B X H mm	MUTU BETON
LT.SB ~ LT. 5	800 x 800	fc' 25
	K4	

KODE BALOK	DIMENSI
G1/B1/CL1	400 x 700
G2/B2/CL2	400 x 500
G3/B3/CL3	300 x 700
G4/B4/CL4	250 x 500

TIPE BALOK	G1—3A	
	TUMPUAN	LAPANGAN
DIMENSI	400 x 700	400 x 700
TULANGAN ATAS	8 D19	3 D19
TULANGAN SAMPIING	2 D10	2 D10
TULANGAN BAWAH	4 D19	4 D19
SPESIFIKASI	3 D10-90	D10-150



KETERANGAN
NOTE

- MUTU BETON :
 $f_c' = 25 \text{ MPa (K 300)}$
- MUTU BAJA TULANGAN :
 NOTASI ϕ : $f_y = 240 \text{ MPa (BJTP-24)}$
 NOTASI D :
 TULANGAN D10 & D13 $f_y = 400 \text{ MPa (BJTD-40)}$
 TULANGAN $\geq D16$ $f_y = 500 \text{ MPa (BJTD-50)}$

FOR CONSTRUCTION

SEBELUM DILAKSANAKAN, SEMUA GAMBAR STRUKTUR HARUS DIPERIKSA ULANG DENGAN GAMBAR ARSITEKTUR DAN GAMBAR M&E SERTA GAMBAR LAIN YANG TERKAIT. APABILA TERDAPAT KETIDAKSESUJUAN, HARUS DILAKUKAN KONFIRMASI TERLEBIH DAHULU.

DILARANG MELAKUKAN PENGUKURAN BERDASARKAN SKALA, SEMUA UKURAN HARUS BERDASARKAN ANGKA YANG TERTULIS. APABILA ADA KERUGIAN DAN/ATAU KETIDAKJELASAN, HARUS DIKONFIRMASIKAN TERLEBIH DAHULU.

CATATAN REVISI
REVISION

[illegible]

FILE	
PEMI	

PT. GALAXI WAHYU KENCANA
RUNKUT INDUSTRI
SURABAYA

KONSULTAN STRUKTURAL
STRUCTURAL CONSULTANT

B | G BENJAMIN
∞ | A GIDEON &
ASSOCIATES
CONSULTING
ENGINEERS

PROYEK/PROJECT	
----------------	--

MY TOWER
(APARTEMENT & HOTEL SIER)

SKALA	JUDUL	GAMBAR	
SCALE	TITLE	DRAWING	
1 : 200	DENAH LANTAI 2		
DIGAMBAR	PERENCANA	DIPERIKSA	DISETUJ
DRAWN BY	DESIGNER	JOB CAPTAIN	OWNER
SUTRISNO	ERNEST S.T.		
	S.T.M. (SPECIAL MASTER)		
TANGGAL	NO. GAMBAR	NO. LEMBAR	JUMLAH L
DATE	DRAWING NO.	SHEET NO.	TOTAL
21/11/15	S	102	



KODE BALOK	DIMENSI
G1/B1/CL1	400 x 700
G2/B2/CL2	400 x 500
G3/B3/CL3	300 x 700
G4/B4/CL4	250 x 500
G5/B5/CL5	250 x 350

KOLOM		
LANTAI	B X H mm	MUTU BETON
LT.SB ~ LT. 5	800 x 800	fc' 25
	K4	



DATE	STATION NO.	SHEET NO.	TOTAL
02/10/10	0	105 H	

BIODATA PENULIS



Ahmad Puguh Septiawan, dilahirkan di Tuban, 3 September 1992, merupakan anak pertama dari 3 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal TK Dharmawanita Prambontergayang Soko – Tuban tahun 1999, SDN Prambontergayang 01 Soko - Tuban tahun 2005, SMPN 2 Bojonegoro tahun 2008, dan SMAN 1 Bojonegoro tahun 2011. Setelah lulus dari SMA Penulis mengikuti Tes Masuk Program Diploma Teknik yang diselenggarakan oleh ITS Surabaya dan diterima di Program Studi

Diploma 3 Teknik Sipil ITS Surabaya tahun 2011. Setelah lulus dari Diploma 3 Penulis mengikuti Tes Masuk Program S1 Lintas Jalur yang diselenggarakan ITS Surabaya dan diterima di Jurusan Teknik Sipil FTSP - ITS tahun 2014, Terdaftar sebagai Mahasiswa dengan NRP 3114106021. Di Jurusan Teknik Sipil Penulis mengambil bidang studi Manajemen Konstruksi. Bila ingin berbagi informasi dengan penulis bisa melalui *email*: a.puguh031@gmail.com